

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-233284

(43)Date of publication of application : 19.08.2004

(51)Int.Cl. G01M 13/04
F16C 19/52
G01H 17/00
G01M 17/10
G01M 19/00

(21)Application number : 2003- (71)Applicant : NSK LTD
024696

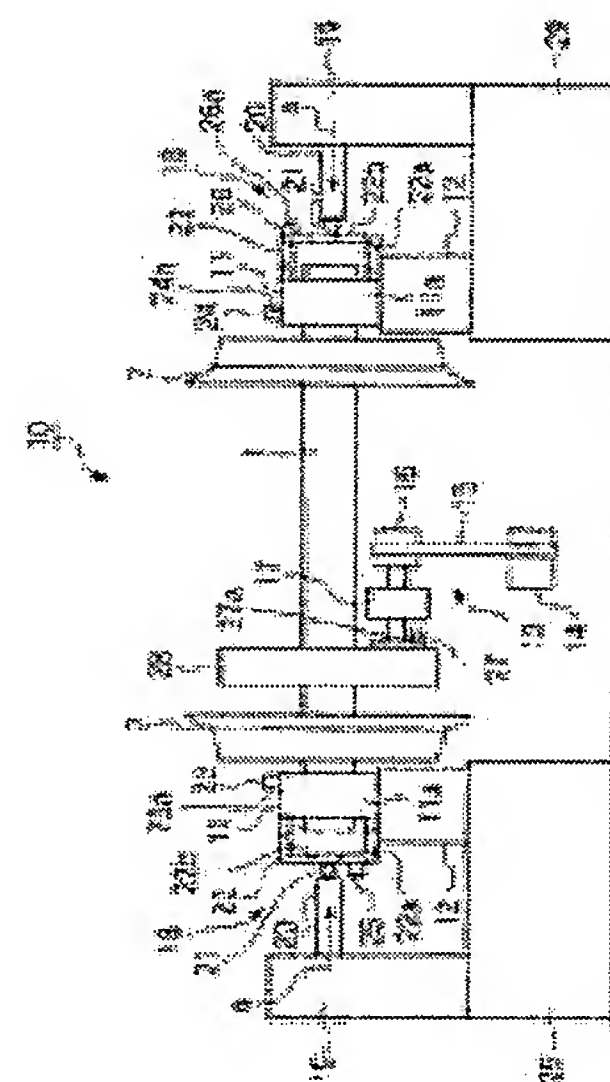
(22)Date of filing : 31.01.2003 (72)Inventor : MUTO YASUYUKI
MIYASAKA TAKANORI

(54) DIAGNOSTIC DEVICE AND DIAGNOSTIC METHOD OF ROLLING BEARING UNIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a diagnostic device of a rolling bearing unit capable of highly accurate detection without overlooking a defect of a rotating part of a mechanical device, when performing an inspection test periodically, while rotating the device, without decomposing the mechanical device requiring much labor for decomposition.

SOLUTION: This diagnostic device 10 of the rolling bearing unit is a device for diagnosing abnormality in rolling bearings 11, 11 on which a radial load is loaded, and has a thrust force imparting mechanism 18 for imparting an optionally-varied thrust force to the rolling bearings 11, 11 installed on a rotary test stand, and performs a rotation test, while loading the thrust force on the rolling bearings 11, 11 by the thrust force imparting mechanism 18.



CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is the diagnostic equipment of a rolling bearing unit which diagnoses abnormalities of bearing housing which carried out the inner package of a rolling bearing unit in which load of the radial road is carried out using a rotation test stand, or the rolling bearing unit,

It has a thrust force grant mechanism which gives thrust force arbitrarily changed to said rolling bearing unit installed on said rotation test stand, or said bearing housing, While doing a rotation test, carrying out load of the thrust force to this rolling bearing unit or this bearing housing with said thrust force grant mechanism, Diagnostic equipment of a rolling bearing unit carrying out storage immobilization of at least one sensor for malfunction detection chosen as this rolling bearing unit or this bearing housing from among a vibration sensor, a temperature sensor, an acoustic emission sensor, or an ultrasonic sensor into the same case.

[Claim 2]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to claim 1, wherein a case of said sensor for malfunction detection has a signal carrying means for sending out a detected signal outside and has a decision result outputting part which judges and outputs existence of abnormalities based on a signal sent out via said signal transportation means.

[Claim 3]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to any one of claims 1 to 2 characterized by comprising the following.

A filter part which removes an unnecessary frequency band from a detected wave obtained from said vibration sensor, an acoustic emission sensor, or an ultrasonic sensor.

An envelope treating part which detects a wave-like absolute value behind a filter transmitted from said filter part.

A frequency analysis part which analyzes wave-like frequency transmitted from said envelope treating part.

A comparative collation part which compares with frequency based on data measuring frequency resulting from damage computed based on revolving speed, and a result output part which carries out existence of abnormalities, and pinpointing of an abnormal part based on a comparison result in said comparative collation part.

[Claim 4]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to any one of claims 1 to 3 characterized by comprising the following.

Wavelet analyzing parts which perform wavelet processing to a detected wave obtained from said vibration sensor.

A comparative collation part which compares with a time interval based on data measuring a time interval resulting from damage computed based on revolving speed.

A result output part which carries out existence of abnormalities, and pinpointing of an abnormal part based on a comparison result in said comparative collation part.

[Claim 5]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to any one of claims 1 to 4 having a result output part which carries out existence of abnormalities, and pinpointing of an abnormal part based on an effective value, a peak value, or a peak factor of a detecting signal acquired from said vibration sensor.

[Claim 6]

A diagnosing method of a rolling bearing unit diagnosing abnormalities of said rolling bearing unit or said bearing housing using diagnostic equipment of the bearing unit according to any one of claims 1 to 5.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention about the diagnostic equipment and the diagnosing method of the rolling bearing unit which supports two or more rotary parts used for mechanical apparatus, such as an axle for rail cars, a gearbox or a windmill for power generation, for example, or the rolling bearing unit which diagnoses the abnormalities of bearing housing, It is related with the diagnostic equipment and the diagnosing method of a rolling bearing unit which perform abnormality diagnosis of a rotary part, without disassembling especially a mechanical apparatus.

[0002]

[Description of the Prior Art]

Conventionally, after the mechanical apparatus which has a rolling bearing unit which supports rotary parts, such as a rail car and a windmill for power generation, and bearing housing carries out fixed time use, the existence of defects, such as damage and wear, is inspected about a bearing or other portions. This inspection is conducted by disassembling the whole mechanical apparatus periodically, and the inspection person in charge is made to discover the damage and wear which were completed in the rotary part by viewing. In the case of a bearing, as main defects discovered by such inspection, there are exfoliation by the indentation and rolling contact fatigue which are produced by bite lump of a foreign matter etc., other wear, etc. If there are a deficit, wear, etc. of a tooth part in the case of the gear, there is wear of a flat etc. and there are unevenness, wear, etc. which are not in a new article when it is a wheel, it will exchange for a new article and will be again attached to a device.

[0003]

The bucks 52 and 52 with which the diagnostic equipment 50 shown in drawing 8 supports the anti-friction bearings 51 and 51 of a couple, the drive 57 which consists of the joint 53, the driving pulley 54, the driving belt 55, and the drive motor 56, and ** are used as diagnostic equipment of the conventional rolling bearing unit. The end of the axle 1 to which the wheel 2 of the couple was fixed was supported with the anti-friction bearings 51 and 51, and the vibration sensors 58 and 58 are arranged to the peripheral upper part of the anti-friction bearings 51 and 51. The driving pulley 54 is connected with the gearbox 59 combined with the axle 1 via the joint 53, and the drive motor 56 is connected with the driving pulley 54 via the driving belt 55. The vibration sensor 60 is arranged also at the outputting part of the gearbox 59.

[0004]

In such diagnostic equipment 50, the vibration data signal which the vibration sensors 58 and 58 generate detects the existence of the abnormalities of the

anti-friction bearings 51 and 51, and the existence of the abnormalities of the gear built in the gearbox 59 by the vibration data signal which the vibration sensor 60 generates is detected.

[0005]

As other examples of composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit, when the diagnostic equipment 70 shown in drawing 9 contacts the bucks 72 and 72 which support the anti-friction bearings 71 and 71 of a couple, and the wheel 2, the rotation rollers 73 and 73 and ** which rotate the axle 1 are used. The end of the axle 1 to which the wheel 2 of the couple was fixed was supported with the anti-friction bearings 71 and 71, and the vibration sensors 74 and 74 are arranged to the peripheral upper part of the anti-friction bearings 71 and 71.

[0006]

In such diagnostic equipment 70, the vibration data signal which the vibration sensors 74 and 74 generate detects the existence of the abnormalities of the anti-friction bearings 71 and 71.

[0007]

The diagnostic equipment 80 shown in drawing 10 as other composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit, It is installed in the positioning mechanism 81 which fixes the axle 1 to the regular position, and the axial both sides of the positioned axle 1, and the solids of revolution 84 and 84 are made to stick to the outer rings of spiral wound gasket 83 and 83 of the anti-friction bearings 82 and 82 attached in axle both ends by pressure, and it has the outer ring rotation mechanism 85 which gives rotation to the outer rings of spiral wound gasket 83 and 83. The solids of revolution 84 and 84 are rotated with the power 87 and 87 connected via the belts 86 and 86. The vibration pickups 88 and 88 are attached to the both ends of the axle 1.

[0008]

In such diagnostic equipment 80, when the excessive vibration from the pinion gear attached in the axle, a wheel, etc. has in the anti-friction bearings 82 and 82, without generating at all, the vibration pickups 88 and 88 detect only damage vibration generated [from] (for example, refer to patent documents 1).

[0009]

The diagnostic equipment 100 of a rolling bearing unit which has a sensor module shown in drawing 11 as other examples of composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit, The module hole 103 is formed in the periphery upper surface of the outer ring of spiral wound gasket 102 of the anti-friction bearing 101, and insertion immobilization of the module 104 which carried out the inner package of a velocity sensor, a temperature sensor, and the acceleration sensor to the module hole 103 on the upper surface of a periphery of the outer ring of spiral wound gasket 102 is carried out. And the detecting signal which each sensor in the module 104 generated is transmitted to the remote process unit in the engine which tows the freight

car by which the anti-friction bearing 101 is installed, and a coach through a communications channel.

[0010]

And in such diagnostic equipment 100 about speed. By detecting a momentary speed of the journal based on the pulse produced by the wheel to rotate, comparison with the speed and the speed of other bearings which operate on the same conditions is performed, and preservation record of the perimeter term history experienced with the bearing assembly is performed. About temperature, comparison with the temperature of other bearings which operate on the same conditions is performed by simple level detection. About vibration, perform simple RMS measurement of the energy level covering a predetermined time interval, and And the energy level, The energy level of the past memorized by the handling unit is compared, and comparison with the energy level of other bearings which operates on the same conditions is performed (for example, refer to patent documents 2).

[0011]

The diagnostic equipment 110 shown in drawing 12 as other examples of composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit, The sensor mounting holes 113 are formed in the lower end part of the outer ring of spiral wound gasket 112 of the double row circular-cone roller bearing 111, and insertion support of the sensor unit 117 which has the rotational speed sensor 114, the temperature sensor 115, and the acceleration sensor 116 in the sensor mounting holes 113 is carried out (for example, refer to patent documents 3).

[0012]

The diagnostic equipment 120 shown in drawing 13 as other examples of composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit, The sensor mounting holes 123 are formed in the lower end part of the outer ring of spiral wound gasket 122 of the double row circular-cone roller bearing 121, and insertion support of the sensor unit 126 which has the rotational speed sensor 124 and the temperature sensor 125 in the sensor mounting holes 123 is carried out (for example, refer to patent documents 4).

[0013]

The abnormality detection apparatus 130 of the bearing shown in drawing 14 as other examples of composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit, The pickup 132 which changes the mechanical oscillation of the bearing 131 into an electric oscillation, and outputs it, The automatic-gain-control amplifier 133 which amplifies the output of the pickup 132, The 1-15-kHz band pass filter 134 which removes the noise produced from a drive system or other mechanical systems from the output of the amplifier 133, The effective value computing unit 135 which calculates the effective value of the output of the band pass filter 134, and is supplied to the gain control terminal of the automatic-gain-control amplifier 133, The envelope circuit 136 which inputs the output of the band pass filter 134, and the effective value

computing unit 137 which inputs the output of the envelope circuit 136, When the output of the effective value computing unit 137 is inputted and the value exceeds a predetermined value, it has the composition provided with the alarm circuit 138 from which an alarm is taken out with a lamp or a contact output (for example, refer to patent documents 5).

[0014]

The abnormality diagnosis device 140 of anti-friction bearing shown in drawing 15 has the composition provided with the microphone 142 arranged near the anti-friction bearing 141, the amplifier 143, the electronic equipment 144, the loudspeaker 145, and the monitor 146 as other examples of composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit. The electronic equipment 144 is an arithmetic processing unit.

It has a part for the abnormality diagnosis 149 and the analogue conversion outputting part 150 as the transducer 147 as a converter, HDD148 as the Records Department, and an arithmetic processing section (for example, refer to patent documents 6).

[0015]

The abnormality diagnosing method and the abnormality diagnosis device 160 of a bearing which are shown in drawing 16 as other examples of composition of the diagnostic equipment of a rolling bearing unit, The electric signal wave form which the sensor 161 outputted is formed into a digital file by the analog-to-digital converter 162, and is sent to the waveform processing section 163, by the waveform processing section 163, envelope processing is performed and an envelope spectrum is acquired. In the waveform processing section 163, the inner ring crack ingredient, outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack ingredient, and rolling element ingredient which are specific frequency components of bearing component part are extracted from an envelope spectrum in an extraction process using a predetermined formula. At the operation part 164, by the discrimination section 165, an arithmetic process is performed, and a comparison process is performed, and a decision result is outputted from the output circuit 166, and is reported to an inspector by the loudspeaker 167 and the monitor 168 (for example, refer to patent documents 7).

[0016]

[Patent documents 1]

JP,2001-296213,A (the two - 3rd page, Fig. 1)

[Patent documents 2]

JP,2001-500597,A (the ten - 16th page, Fig. 1)

[Patent documents 3]

JP,2002-295464,A (the four - 5th page, Fig. 1)

[Patent documents 4]

JP,2002-292928,A (the four - 5th page, Fig. 1)

[Patent documents 5]

JP,H2-205727,A (the two – 3rd page, Fig. 1)

[Patent documents 6]

JP,2000-146762,A (the four – 6th page, Fig. 1)

[Patent documents 7]

JP,2001-021453,A (the five – 6th page, Fig. 1)

[0017]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, the above-mentioned whole mechanical apparatus is disassembled, and in the method which a person in charge inspects visually, in order to inspect many parts visually by within a time [limited], there is a fault that there is a possibility of overlooking a defect. There is individual difference also in judgment of the grade of a defect, and even if there is no defect substantially, for a certain reason, that a parts replacement is performed can also become that useless cost starts. When performing reassembling, a possibility that the inspection itself may induce a cause with a new defect of parts also has giving the dent which was not before an inspection to a rotary part etc.

[0018]

In the diagnostic equipment of the rolling bearing unit indicated to above-mentioned drawing 8 – drawing 16, although load of the radial road [cautious] of an axle is always carried out to anti-friction bearing, it may differ from the load area of the bearing in the case where it is attached to actual vehicles. For example, in drawing 8, although the load area of a bearing is a lower part in drawing 8, the load area of the bearing in actual vehicles is the upper part. Therefore, there is a possibility of overlooking bearing damage in the load area field in actual vehicles. In the case in the non-load area, contact with the rolling element of a bearing and a rolling contact surface depends this on the problem that it is unstable and oscillating detection is not stabilized. Then, revolving speed of a rotation test is made high and the method of having tried to perform oscillating detection stable by enlarging a centrifugal force is also proposed. However, in order to examine by a high velocity revolution, rotation test equipment is enlarged, and since the vibration under examination and noise also become high, while there is a possibility of having influence to other examinations, there is a possibility that an installation cost may soar.

[0019]

If a bearing is used where load of the radial road is carried out, the load area and the non-load area exist in the inside of a bearing. If the bearing 170 is rotated at a low speed as shown in drawing 17 (a), since the prudence of the rolling element 171 is larger than the centrifugal force of the rolling element 171, the rolling element omission sound to which the rolling element 171 collides with the inner ring of spiral wound gasket 172 or the cage 173 by the non-load area will occur. On the other hand, since the direction of the centrifugal force of the rolling element 171 will become larger than prudence of the rolling element 171 if the bearing 170 is rotated at high speed as shown

in drawing 17 (b), the rolling element 171 does not collide with the inner ring of spiral wound gasket 172 or the cage 173. Since the frequency component in such a case is in agreement with the frequency component resulting from damage to the outer ring of spiral wound gasket 174, dissociating is very difficult for it.

[0020]

When the state of a rotary part was supervised at temperature, even if the abnormalities in temperature occurred, which part does not know in many cases whether abnormalities arose and abnormalities occur in a rotary part, when a crack arises in the bearing ring of a bearing, a vibration value rises, for example, but. Since there is almost no rise in heat, depending on the kind of abnormalities, it may be undetectable.

[0021]

this invention is made in order to solve an aforementioned problem, and it comes out. Without disassembling a mechanical apparatus which requires much time and effort for the purpose carrying out, When you do an inspection examination periodically, making it rotate, reduce the time and effort which provides the diagnostic equipment of the rolling bearing unit in which highly precise detection is possible, without overlooking the defect of the rotary part of the mechanical apparatus, and it takes decomposition and reassembling of a device. And it is shown in planning damage prevention with new parts accompanying decomposition or an assembly.

[0022]

[Means for Solving the Problem]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit of this invention according to claim 1 is diagnostic equipment of a rolling bearing unit which diagnoses abnormalities of bearing housing which carried out the inner package of a rolling bearing unit in which load of the radial road is carried out using a rotation test stand, or the rolling bearing unit,

It has a thrust force grant mechanism which gives thrust force arbitrarily changed to said rolling bearing unit installed on said rotation test stand, or said bearing housing, While doing a rotation test, carrying out load of the thrust force to this rolling bearing unit or this bearing housing with said thrust force grant mechanism, Storage immobilization of at least one sensor for malfunction detection chosen as this rolling bearing unit or this bearing housing from among a vibration sensor, a temperature sensor, an acoustic emission sensor, or an ultrasonic sensor was carried out into the same case.

[0023]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to claim 2, A case of said sensor for malfunction detection is the diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to claim 1 having a signal carrying means for sending out a detected signal outside, and having a decision result outputting part which judges and outputs existence of abnormalities based on a signal

sent out via said signal transportation means.

[0024]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to claim 3, A filter part which removes an unnecessary frequency band from a detected wave obtained from said vibration sensor, said acoustic emission sensor, or said ultrasonic sensor, An envelope treating part which detects a wave-like absolute value behind a filter transmitted from said filter part, A frequency analysis part which analyzes wave-like frequency transmitted from said envelope treating part, A comparative collation part which compares with frequency based on data measuring frequency resulting from damage computed based on revolving speed, It is the diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to any one of claims 1 to 2 having a result output part which carries out existence of abnormalities, and pinpointing of an abnormal part based on a comparison result in said comparative collation part.

[0025]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to claim 4, Wavelet analyzing parts which perform wavelet processing to a detected wave obtained from said vibration sensor, A comparative collation part which compares with a time interval based on data measuring a time interval resulting from damage computed based on revolving speed, It is the diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to any one of claims 1 to 3 having a result output part which carries out existence of abnormalities, and pinpointing of an abnormal part based on a comparison result in said comparative collation part.

[0026]

Diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to claim 5, It is the diagnostic equipment of the rolling bearing unit according to any one of claims 1 to 4 having a result output part which carries out existence of abnormalities, and pinpointing of an abnormal part based on an effective value, a peak value, or a peak factor of a detecting signal acquired from said vibration sensor.

[0027]

A diagnosing method of the rolling bearing unit according to claim 6 diagnoses abnormalities of said rolling bearing unit or said bearing housing using diagnostic equipment of the bearing unit according to any one of claims 1 to 5.

[0028]

According to diagnostic equipment and a diagnosing method of a bearing unit of this invention which were mentioned above, a rotation test is done by a thrust force grant mechanism, carrying out load of the thrust force to a rolling bearing unit or bearing housing. Storage immobilization of at least one sensor for malfunction detection chosen as a rolling bearing unit or bearing housing from among a vibration sensor, a temperature sensor, an acoustic emission sensor, or an ultrasonic sensor is carried out into the same case.

Therefore, by carrying out load of the thrust loading to a rolling bearing unit or bearing housing, Damage to the whole bearing rolling contact surface is detectable by abolishing existence of the load area of anti-friction bearing and the non-load area, making the perimeter of anti-friction bearing into the load area, and stabilizing contact with a rolling element of anti-friction bearing, and a rolling contact surface. in the case of double row bearing etc., a thrust force grant mechanism changes the direction of thrust force, for example in order to change thrust force into shaft orientations arbitrarily -- existence of abnormalities can be especially inspected for every piece sequence of a twist.

[0029]

Since the non-load area stops existing by carrying out load of the thrust force, when rotating anti-friction bearing at a low speed, a rolling element omission sound generated in the non-load area can be reduced, and existence of outer-ring-of-spiral-wound-gasket damage can be diagnosed with sufficient accuracy. Since vibration information or temperature information accompanying a rolling state of a rotary part is detected simultaneously, a defect of two or more parts can be simultaneously inspected during rotation of a rotary part, without disassembling a mechanical apparatus with which a rotary part is incorporated. And existence of abnormalities is detectable by carrying out storage immobilization of at least one sensor for malfunction detection chosen as a rolling bearing unit or bearing housing from among a vibration sensor, a temperature sensor, an acoustic emission sensor, or an ultrasonic sensor into the same case. Thereby, detecting accuracy in abnormality diagnosis of anti-friction bearing or a gear can be raised by leaps and bounds, and improvement in the safety of a mechanical apparatus and reliability can be aimed at.

[0030]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the diagnostic equipment of the rolling bearing unit of this invention and the embodiment of a diagnosing method are described in detail based on drawing 1 thru/or drawing 7.

Drawing 1 The partial fracture front view of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit of a 1st embodiment of this invention, The signal processing system figure in the sensor for malfunction detection of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit which shows drawing 1 drawing 2, the signal processing system figure of the way drawing 2 differs in drawing 3, the signal processing system figure of the way drawing 2 differs in drawing 4 further, and drawing 5 are the signal processing system figures of the way drawing 2 differs further. Drawing 6 is a partial fracture front view of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit of a 2nd embodiment of this invention, and drawing 7 is a partial fracture front view of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit of a 3rd embodiment of this invention. In each embodiment [2nd / less than] embodiment, explanation is simplified or

omitted by attaching identical codes or considerable numerals in a figure about the member etc. which were already explained, and the member which has same composition and operation.

[0031]

As shown in drawing 1, the diagnostic equipment 10 of the rolling bearing unit of a 1st embodiment of this invention, The bucks 12 and 12 which support the anti-friction bearings 11 and 11 of a couple, and the drive 13 which has the drive motor 14, the driving belt 15, the driving pulley 16, and the joint 17, The bases 19 and 19, the pressurized rods 20 and 20, the alignment mechanisms 21 and 21, and the thrust force grant mechanism 18 in which it has the pressure plates 22 and 22, It is applied to the five sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection, and the wheel set rotation test machine for rail cars of the method which is ** constituted and gives torque to the axle 1 via the gearbox 28 (rotation test stand).

[0032]

As for the anti-friction bearings 11 and 11, inner fitting of the end of the axle 1 to which the wheel 2 of the couple was fixed is carried out moderately (not shown). On the stand 29 and 29 in the outer rings of spiral wound gasket 11a and 11a, the anti-friction bearings 11 and 11 are arranged on the buck 12 and 12.

[0033]

The drive motor 14 which generates torque by energization is connected with the driving pulley 16 via the driving belt 15, and the drive 13 is connected with the gearbox 28 where the driving pulley 16 was combined with the axle 1 via the joint 17. The gearbox 28 rotates the axle 1, after slowing down or accelerating the rotation given from the joint 17.

[0034]

On the stand 29 and 29, the bases 19 and 19 which constitute the thrust force grant mechanism 18 are arranged at the both outsides of the anti-friction bearings 11 and 11. And the pressurized rods 20 and 20 are arranged on the upper bed part slippage to the bases 19 and 19.

[0035]

By pressure generating means, such as a load cell built in the bases 19 and 19, the pressurized rods 20 and 20 which constitute the thrust force grant mechanism 18 turn to shaft orientations the pressure defined beforehand from the both ends of the axle 1, and it is generated. The thrust force of the pressurized rods 20 and 20 is given to the alignment mechanisms 21 and 21. While the thrust force by the pressurized rods 20 and 20 is arbitrarily changed by a pressure generating means, a direction is also changed arbitrarily.

[0036]

The alignment mechanisms 21 and 21 which constitute the thrust force grant mechanism 18 are the spheres for alignment, align the thrust force given from the pressurized rods 20 and 20, and give it to the pressure plate 22.

[0037]

The pressure plates 22 and 22 which constitute the thrust force grant mechanism 18 are provided with the bodies 22a and 22a and the disk parts 22b and 22b. The body 22a is in contact with the shaft-orientations both-ends side of the outer rings of spiral wound gasket 11a and 11a of the anti-friction bearings 11 and 11. And the alignment mechanisms 21 and 21 are in contact with the central part of the disk parts 22b and 22b.

[0038]

The thrust force grant mechanism 18 gives the arrow a in the figure along the shaft orientations of the axle 1, and the thrust force of the direction of a to the end face of the outer rings of spiral wound gasket 11a and 11a in the anti-friction bearings 11 and 11. Thereby, the load area and the non-load area stop existing in the anti-friction bearings 11 and 11, and let the perimeter be the load area. The thrust force grant mechanism 18 will carry out load of the thrust force to an inner side row, when the anti-friction bearings 11 and 11 shown in drawing 1 are double row bearing, since the thrust force by the pressurized rods 20 and 20 can be changed arbitrarily. And it can diagnose by applying thrust force for every sequence by applying thrust force for every **** by changing the direction of thrust force in the case of double row bearing. Load of the thrust force may be simultaneously carried out to both the anti-friction bearings 11 and 11, and single-sided every load may be carried out. When carrying out single-sided every load, it is preferred to form the reaction force supporter of thrust force in the other end of the axle 1.

[0039]

The five sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection are compound-die sensors which carried out storage immobilization of a vibration sensor, a temperature sensor or AE (acoustic emission) sensor, or the ultrasonic sensor into the cases 23a, 24a, 25a, and 26a of one, and 27a. The cases 23a, 24a, 25a, 26a, and 27a are fabricated by the resin molding. The five sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection contain the signal transportation means 30 (shown in drawing 2) in each cases 23a, 24a, 25a, 26a, and 27a. The signal transportation means 30 has the function to transmit the data signal (voltage signal) which the sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection generated to an external control section. A lead and a transmitter are used as a signal transportation means. And the sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection, When-izing of vibration, AE, or the ultrasonic wave can be carried out [electrical signal] and it attaches to the mechanical apparatus which should have just many noises, since those who use an insulated type are not influenced by a noise, acceleration, speed, or a displaced type is preferred.

[0040]

A temperature sensor is a temperature survey element of noncontact types, such as a thermistor temperature measuring element, a platinum resistance, and a thermo couple. As a temperature sensor, if ambient temperature exceeds default value, the temperature fuse which stops flowing because the

point of contact of bimetal separates or a point of contact blows out may be used. In that case, when the temperature of a device exceeds default value, the abnormalities in temperature are detected by intercepting the flow of a temperature fuse. Vibration sensors are vibration measurement elements, such as a piezoelectric element. An acoustic emission sensor is a sensor which detects the phenomenon observed when the elastic wave resulting from crack initiation, progress, the transformation and modification in material, exfoliation, a crack and mechanical wear, friction, etc. is transmitted in the inside of a solid and it appears as vibration in an outside surface with sufficient sensitivity in a solid surface as minute high frequency oscillation is also. In an acoustic emission sensor, mechanical vibration is changed into an electrical signal by piezo-electric conversion, and it uses.

[0041]

While has been arranged at the left side in drawing 1, and the sensor 23 for malfunction detection is arranged on the upper part of the outer ring of spiral wound gasket 11a in the anti-friction bearing 11. The sensor 24 for malfunction detection is arranged on the upper part of the outer ring of spiral wound gasket 11a in the anti-friction bearing 11 of another side arranged at the right direction side in drawing 1. The sensor 25 for malfunction detection is arranged on the lower part in the disk part 22b of the pressure plate 22 arranged at the left side in drawing 1. The sensor 26 for malfunction detection is arranged on the upper part in the disk part 22b of the pressure plate 22 arranged at the right direction side in drawing 1. The sensor 27 for malfunction detection is arranged on the outgoing end part of the gearbox 28.

[0042]

The sensors 23 and 24 for malfunction detection are used for detecting the abnormalities in printing of the anti-friction bearings 11 and 11 by detecting the temperature of the anti-friction bearings 11 and 11, generating a temperature data signal (voltage signal), and transmitting a temperature data signal to an external control section through the signal transportation means 30. The sensors 23 and 24 for malfunction detection are used for detecting exfoliation of the inside-and-outside ring raceway surface of the anti-friction bearings 11 and 11 by detecting vibration of the anti-friction bearings 11 and 11, generating a vibration data signal (voltage signal), and transmitting a vibration data signal to an external control section through the signal transportation means 30.

[0043]

By the sensors 25 and 26 for malfunction detection detecting the temperature of the anti-friction bearings 11 and 11 via the pressure plates 22 and 22, generating a temperature data signal (voltage signal), and transmitting a temperature data signal to an external control section through the signal transportation means 30, It uses for detecting the abnormalities in printing of the anti-friction bearings 11 and 11. The sensors 25 and 26 for malfunction detection detect vibration of the anti-friction bearings 11 and 11 via the

pressure plates 22 and 22, and generate a vibration data signal (voltage signal), It uses for detecting exfoliation of the inside-and-outside ring raceway surface of the anti-friction bearings 11 and 11 by transmitting a vibration data signal to an external control section through the signal transportation means 30.

[0044]

While the sensor 27 for malfunction detection detects the temperature of the gearbox 28, generates a temperature data signal (voltage signal) and transmitting a temperature data signal to an external control section through the signal transportation means 30, It uses for detecting the deficit of the gear of the gearbox 28 by detecting vibration of the gearbox 28, generating a vibration data signal (voltage signal), and transmitting a vibration data signal to an external control section through the signal transportation means 30.

[0045]

As shown in drawing 2, in the 1st method of signal processing in the sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection, the vibration data signal which the temperature data signal and vibration sensor which the temperature sensor generated generated is inputted into the comparator 201 via the signal transportation means 30. The temperature data signal value given from the temperature sensor and the temperature threshold which is saved at the threshold setting portion 202 and which were set up beforehand are compared by the comparator 201. The vibration data signal value simultaneously given from the vibration sensor is compared with the oscillating threshold saved at the threshold setting portion 202. That is, at least one abnormality chosen from among a temperature sensor and a vibration sensor is detected by the sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection. When a temperature data signal value exceeds a temperature threshold at this time, a temperature abnormality judgement signal is outputted in the abnormality determining part 203, and the alarm of the abnormalities in temperature is outputted in the decision result outputting part 204. When a vibration data signal value exceeds an oscillating threshold, an oscillating abnormality judgement signal is outputted by the abnormality determining part 203, and the alarm of oscillating abnormalities is outputted by the decision result outputting part 204. Alarm is transmitted by a cable or radio and operates. At this time, an effective value and a peak value within a time [arbitrary] may be used for the temperature and the oscillating abnormality judgement signal outputted by the temperature threshold and oscillating threshold, and the abnormality determining part 203 which are saved at the threshold setting portion 202.

[0046]

As shown in drawing 3, in the 2nd method of signal processing in the sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection, the vibration data signal which the vibration sensor generated, It is transmitted via the signal transportation means 30, and by extracting only arbitrary frequency bands by the filter part 211 after amplification, an unnecessary frequency band is removed and it is

inputted into the envelope treating part 212. In the envelope treating part 212, absolute value detection processing which detects a wave-like absolute value is performed, analysis processing of frequency is performed by the frequency analysis part 213 after that, and actual measurement data is transmitted to the comparative collation part 214. On the other hand, based on the revolving speed information 215, the calculated value data of the frequency component set up as that in which the partial wear of a bearing, the gear, and a wheel, etc. originated unusually is transmitted to the comparative collation part 214 in the theoretical frequency calculation part 216. And by carrying out comparative collation of actual measurement data and the calculated value data in the comparative collation part 214, existence of oscillating abnormalities and pinpointing of an abnormal part are performed, and the existence of oscillating abnormalities and the output of a specific site are performed by the result output part 217. Information Transfer Sub-Division to the result output part 217 is performed by a cable and radio.

[0047]

In the 2nd method of signal processing, if based on the design specifications of revolving speed information and rotating element parts detected, for example from the electric motor etc., calculation and comparative collation of a frequency component can be performed easily. Processing of the vibration data signal after amplification can be performed with various data processing and an operation, and a computer or an exclusive microchip can constitute, for example. After storing the detected data signal in preserving means, such as a memory, it may be made to perform data processing.

[0048]

Since exchange of a bearing takes time and effort depending on machinery, machinery may be stopped promptly. In this case, bearings may be exchanged according to the grade of damage. As a judging standard in that case, the effective value of vibration, the maximum, and a peak factor may be used as opposed to the reference value defined beforehand.

[0049]

As shown in drawing 4, in the 3rd method of signal processing in the sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection, the vibration data signal which the vibration sensor generated, In order to be transmitted via the signal transportation means 30 and to detect a local process and multi-scale process and an unsteady process by the wavelet analyzing parts 221 after amplification, the actual measurement data produced by performing analysis of a signal, coding, compression, reconstruction, etc. is transmitted to the comparative collation part 222. On the other hand, based on the revolving speed information 223, the calculated value data of the time interval resulting from the damage computed based on revolving speed is transmitted to the comparative collation part 222 in the theoretical time period calculation part 224. And by carrying out comparative collation of actual measurement data and the calculated value data in the comparative collation part 222, existence

of oscillating abnormalities and pinpointing of an abnormal part are performed, and the existence of oscillating abnormalities and the output of a specific site are performed by the result output part 225. Information Transfer Sub-Division to the result output part 225 is performed by a cable and radio.

[0050]

In the 3rd method of signal processing, if based on the design specifications of revolving speed information and rotating element parts detected from the drive motor etc. for example, calculation and comparative collation of a time interval can be performed easily.

[0051]

As shown in drawing 5, in the 4th method of signal processing in the sensors 23, 24, 25, 26, and 27 for malfunction detection, the vibration data signal which the vibration sensor generated, By the amount operation part 231 of key statistics transmitted via the signal transportation means 30, data processing of the amount of key statistics of a vibration data signal is carried out, and it is inputted into the comparator 232. The amount value of key statistics of the vibration data signal by which data processing was carried out in the amount operation part 231 of key statistics, and the oscillating threshold which is saved at the threshold setting portion 233 and which were set up beforehand are compared by the comparator 232. And when the amount value of key statistics of a vibration data signal value exceeds an oscillating threshold, an oscillating abnormality judgement signal is outputted by the abnormality determining part 234, and the alarm of oscillating abnormalities is outputted by the decision result outputting part 235. Alarm is transmitted by a cable or radio and operates. At this time, an effective value and a peak value within a time [arbitrary] may be used for the oscillating abnormality judgement signal outputted by the oscillating threshold saved at the threshold setting portion 234, and the abnormality determining part 235.

[0052]

The method shown below may be used as a disposal method of the abnormality diagnosis based on the temperature information and vibration information which were acquired using the temperature sensor and the vibration sensor.

[0053]

(1) How to use the effective value of envelope data as a reference value
It asks for the frequency component generated using the formula set up beforehand first at the time of abnormalities in this method. And the effective value of envelope data is computed and the reference value for comparison is calculated from this effective value. And the frequency beyond a reference value is computed and comparison with the frequency component generated at the time of abnormalities is performed. As an abnormal frequency ingredient, an inner ring crack ingredient, an outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack ingredient, a rolling element ingredient, and a cage ingredient are extracted for every level.

[0054]

(2) How to search for the peak of a spectrum and compare peak frequency with abnormal frequency

It asks for the frequency component first generated at the time of abnormalities in this method. And it is compared whether it corresponds to the frequency component which abnormalities generate about the peak beyond a predetermined number or a reference value in the frequency spectrum for which it asked in the analysis-of-vibration part. Also in this case, an inner ring crack ingredient, an outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack ingredient, a rolling element ingredient, and a cage ingredient are extracted for every level as an abnormal frequency ingredient.

[0055]

(3) How to use fundamental frequency and specific harmonics

The secondary value that has the one twice frequency [the primary value and] of fundamental frequency which are the fundamental frequency of an abnormal frequency ingredient in this method, In [about the 4th value with 4 times of fundamental frequency, compare whether the frequency of a peak and the frequency generated at the time of abnormalities are in agreement, and] at least two frequency, When the frequency which judged it as those with abnormalities eventually, and was judged to be those with abnormalities when judged as those with abnormalities is one or less, it is judged that he has no abnormalities.

[0056]

(4) How to presume the size of damage with abnormality diagnosis

In [using the frequency spectrum after envelope processing with this method] the frequency of a big peak, The size of the damage in the outer ring of spiral wound gasket which has caused abnormalities is presumed by checking that damage has occurred to an outer ring of spiral wound gasket, and comparing with it the reference level which is the value of a peak and the average value of the whole frequency spectrum in this frequency.

[0057]

(5) How to make a reference value a level difference with twice [natural number] as many harmonic content as fundamental frequency

As opposed to the primary level that is the fundamental frequency of an abnormal frequency ingredient in this method, 2, 3 and 4 of fundamental frequency, and ... 2, 3, 4, and ... with one n times the frequency of this -- when the n-th level counts the number which has become beyond a reference value and more than the prescribed number is over the reference value, it is judged that abnormalities have occurred. To the primary level, when the n-th value is more than {(level whose number is one) -(n-1) -a (dB)}, specifically, it counts. a is any value here.

[0058]

(6) How to use the effective value for every frequency band

In this method, abnormality diagnosis is performed not using the value of the

peak level of the frequency which originates unusually itself but using the effective value of the frequency band containing the frequency which originates unusually. The effective value of the frequency band containing the frequency which specifically originates unusually is a root mean square of the level of a frequency band, or all [partialness OBA]. Here, a root mean square and all [partialness OBA] are obtained by the formula defined beforehand. All [Oba] means total of a specific specified interval.

[0059]

As mentioned above, according to the diagnostic equipment 10 and the diagnosing method of a rolling bearing unit of a 1st embodiment, a rotation test is done by the thrust force grant mechanism 18, carrying out load of the thrust force to the anti-friction bearings 11 and 11. Storage immobilization of the sensors 23 and 24 for malfunction detection which contained the vibration sensor, the temperature sensor, or an acoustic emission sensor and an ultrasonic sensor in the peripheral part of the anti-friction bearings 11 and 11 is carried out into the same case 23a and 24a.

Therefore, by carrying out load of the thrust loading to the anti-friction bearings 11 and 11, Damage to the whole bearing rolling contact surface is detectable by abolishing existence of the load area of the anti-friction bearings 11 and 11 and the non-load area, making the perimeter of anti-friction bearing into the load area, and stabilizing contact with the rolling element of the anti-friction bearings 11 and 11, and a rolling contact surface. in the case of double row bearing etc., the thrust force grant mechanism 18 changes the direction of thrust force, for example in order to change thrust force into shaft orientations arbitrarily -- the existence of abnormalities can be especially inspected for every piece sequence of a twist.

[0060]

Since the non-load area stops existing by carrying out load of the thrust force, when rotating the anti-friction bearings 11 and 11 at a low speed, the rolling element omission sound generated in the non-load area can be reduced, and the existence of outer-ring-of-spiral-wound-gasket damage can be diagnosed with sufficient accuracy. Since the vibration information or temperature information accompanying a rolling state of a rotary part is detected simultaneously, the defect of two or more parts can be simultaneously inspected during rotation of a rotary part, without disassembling the mechanical apparatus with which the rotary part is incorporated. And the existence of abnormalities is detectable by carrying out storage immobilization of the sensors 23 and 24 for malfunction detection which contained the vibration sensor, the temperature sensor, or an acoustic emission sensor and an ultrasonic sensor in the peripheral face of the anti-friction bearings 11 and 11 into the same case 23a and 24a. Thereby, the detecting accuracy in the abnormality diagnosis of the anti-friction bearings 11 and 11 or the gear can be raised by leaps and bounds, and improvement in the safety of a mechanical apparatus and reliability can be aimed at.

If the existence of detection of abnormalities has at least one chosen from a vibration sensor, a temperature sensor, an acoustic emission sensor, and an ultrasonic sensor at least, it is possible, but it is more desirable to use for it at least one chosen from a vibration sensor, an acoustic emission sensor, and an ultrasonic sensor at least. In order to perform abnormality judgement using analysis like drawing 2 – drawing 5, it is desirable to use a vibration sensor in that the past unusual database can be used. However, it is more suitable to use an acoustic emission sensor and an ultrasonic sensor instead of a vibration sensor, in order to detect the case where he would like to detect abnormalities in the initial stage of minute clutch generating, and an internal defect. The effect of a temperature sensor is larger than the case where the direction used for abnormality judgement combining said three kinds of sensors carries out malfunction detection independently.

[0061]

Next, a 2nd embodiment that starts this invention using drawing 6 is described.

As shown in drawing 6, the diagnostic equipment 40 of the rolling bearing unit of a 2nd embodiment, It replaced with the bucks 12 and 12 in a 1st embodiment, and had the bearing housing 41 and 41 which carried out inner fitting of the anti-friction bearings 11 and 11, and the sensors 23 and 24 for malfunction detection are further arranged on the upper part of the bearing housing 41 and 41 using the pressure plates 42 and 42 of disc shape.

[0062]

In the diagnostic equipment 40 of the rolling bearing unit in this case, it is pressing as thrust force in the direction of arrow a in which while has been arranged at the left side in drawing 6, and while it has been arranged at the left side in drawing 6 turns to the bearing housing 41 in the direction of drawing 6 Nakamigi via the pressure plate 42 with the pressurized rod 20. Therefore, it can diagnose by carrying out load of the thrust force to the inner side row of the anti-friction bearings 11 and 11. In this case, if it is made to stretch in the direction of arrow b so that the thrust force to which the pressurized rod 20 of another side arranged at the method side of drawing 6 Nakamigi is given by the pressure plate 42 of another side may be received, it can diagnose by carrying out load of the thrust force to the outer line of the anti-friction bearings 11 and 11. In this case, it may be the shape which carries out load to the perimeter of the end face of the anti-friction bearings 11 and 11 as the pressure plates 42 and 42, or may be the shape which carries out load in circumference equidistant placement 3 point position. When load of the moment load is carried out to the anti-friction bearings 11 and 11 in this case, it is preferred for the crevice between the anti-friction bearings 11 and 11 to become uneven by a circumferencial direction, and to arrange the alignment mechanism by elastic members, such as a spring, as a load member, since it is not desirable. Also in the diagnostic equipment 40 of the rolling bearing unit of a 2nd embodiment, the same signal processing as a 1st

embodiment is performed.

[0063]

Next, a 3rd embodiment that starts this invention using drawing 7 is described.

As shown in drawing 7, the diagnostic equipment 45 of the rolling bearing unit of a 3rd embodiment is fixing the bearing housing 41 and 41 in a 2nd embodiment on the direct-acting guidance 46 and 46 arranged on the stand 29 and 29.

[0064]

In the diagnostic equipment 45 of the rolling bearing unit in this case. Since the bearing housing 41 and 41 has movable flexibility in shaft orientations with the direct-acting guidance 46 and 46, When load of the thrust force will be carried out to the end face of the outer rings of spiral wound gasket 11a and 11a in the anti-friction bearings 11 and 11, and the end face of the bearing housing 41 and 41 and the flange of the bearing housing 41 and 41 and the end face of the anti-friction bearings 11 and 11 contact, load of the thrust force is carried out to the anti-friction bearings 11 and 11. In this case, the direction which forms the bearing housing 41 and 41 in 2 cracks can attach easily. Also in the diagnostic equipment 45 of the rolling bearing unit of a 3rd embodiment, the same signal processing as a 1st embodiment is performed.

[0065]

The diagnostic equipment of the rolling bearing unit concerning this invention is not limited to the embodiment mentioned above, and proper modification, improvement, etc. are possible for it. For example, it is preferred to use the combination, the cylindrical roller bearing, circular-cone roller bearing, or self-aligning roller bearing of cylindrical roller bearing and a single row radial ball bearing as anti-friction bearing used for the diagnostic equipment of a rolling bearing unit.

As for a sensor attaching position, although the sensor for malfunction detection is fixed to the peripheral part of a bearing unit or bearing housing in consideration of workability in the above-mentioned embodiment, it may lay under the outer ring of spiral wound gasket and bearing housing of anti-friction bearing, and it is desirable to select so that the accuracy and speed of sensing may become the optimal conditions.

[0066]

[Effect of the Invention]

As explained above, according to the diagnostic equipment and the diagnosing method of a rolling bearing unit of this invention, a rotation test is done by a thrust force grant mechanism, carrying out load of the thrust force to a rolling bearing unit or bearing housing. Storage immobilization of at least one sensor for malfunction detection chosen as a rolling bearing unit or bearing housing from among a vibration sensor, a temperature sensor, an acoustic emission sensor, or an ultrasonic sensor is carried out into the same case.

Therefore, the detecting accuracy in the abnormality diagnosis of anti-friction

bearing or the gear can be raised by leaps and bounds, and improvement in the safety of a mechanical apparatus and reliability can be aimed at. As a result, without disassembling a mechanical apparatus which requires much time and effort for decomposing, When you do an inspection examination periodically, making it rotate, reduce the time and effort which provides the diagnostic equipment of the rolling bearing unit in which highly precise detection is possible, without overlooking the defect of the rotary part of the mechanical apparatus, and it takes decomposition and reassembling of a device. And damage prevention with new parts accompanying decomposition or an assembly can be planned.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a partial fracture front view of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit of a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2]It is a signal processing system figure in the malfunction detection means of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit shown in drawing 1.

[Drawing 3]Drawing 2 is a signal processing system figure of a different method.

[Drawing 4]Drawing 2 is a signal processing system figure of a further different method.

[Drawing 5]Drawing 2 is a signal processing system figure of a further different method.

[Drawing 6]It is a partial fracture front view of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit of a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 7]It is a partial fracture front view of the diagnostic equipment of the rolling bearing unit of a 3rd embodiment of this invention.

[Drawing 8]It is a front view of the diagnostic equipment of the conventional rolling bearing unit.

[Drawing 9]It is a front view of the diagnostic equipment of other conventional rolling bearing units.

[Drawing 10]It is a front view of the diagnostic equipment of the conventional rolling bearing unit of further others.

[Drawing 11]It is a sectional view of the diagnostic equipment of the conventional rolling bearing unit of further others.

[Drawing 12]It is a sectional view of the diagnostic equipment of the conventional rolling bearing unit of further others.

[Drawing 13]It is a sectional view of the diagnostic equipment of the conventional rolling bearing unit of further others.

[Drawing 14]It is a block diagram of the conventional example of composition of further others.

[Drawing 15]It is a block diagram of the conventional example of composition of further others.

[Drawing 16]It is a block diagram of the conventional example of composition of further others.

[Drawing 17](a) is an explanatory view of the motion at the time at the time of a low speed rotary, and an explanatory view of the motion at the time [(b)] at the time of a high velocity revolution.

[Description of Notations]

Diagnostic equipment of 10, 40, and 45 rolling bearing units

11 Anti-friction bearing

18 Thrust force grant mechanism

23, 24, 25, 26, and 27 Sensor for malfunction detection

23a, 24a, 25a, 26a, and 27a Case (case)

30 Signal carrying means

41 Bearing housing

204,235 Decision result outputting part

211 Filter part

212 Envelope treating part

213 Frequency analysis part

214 Comparative collation part

217 Result output part

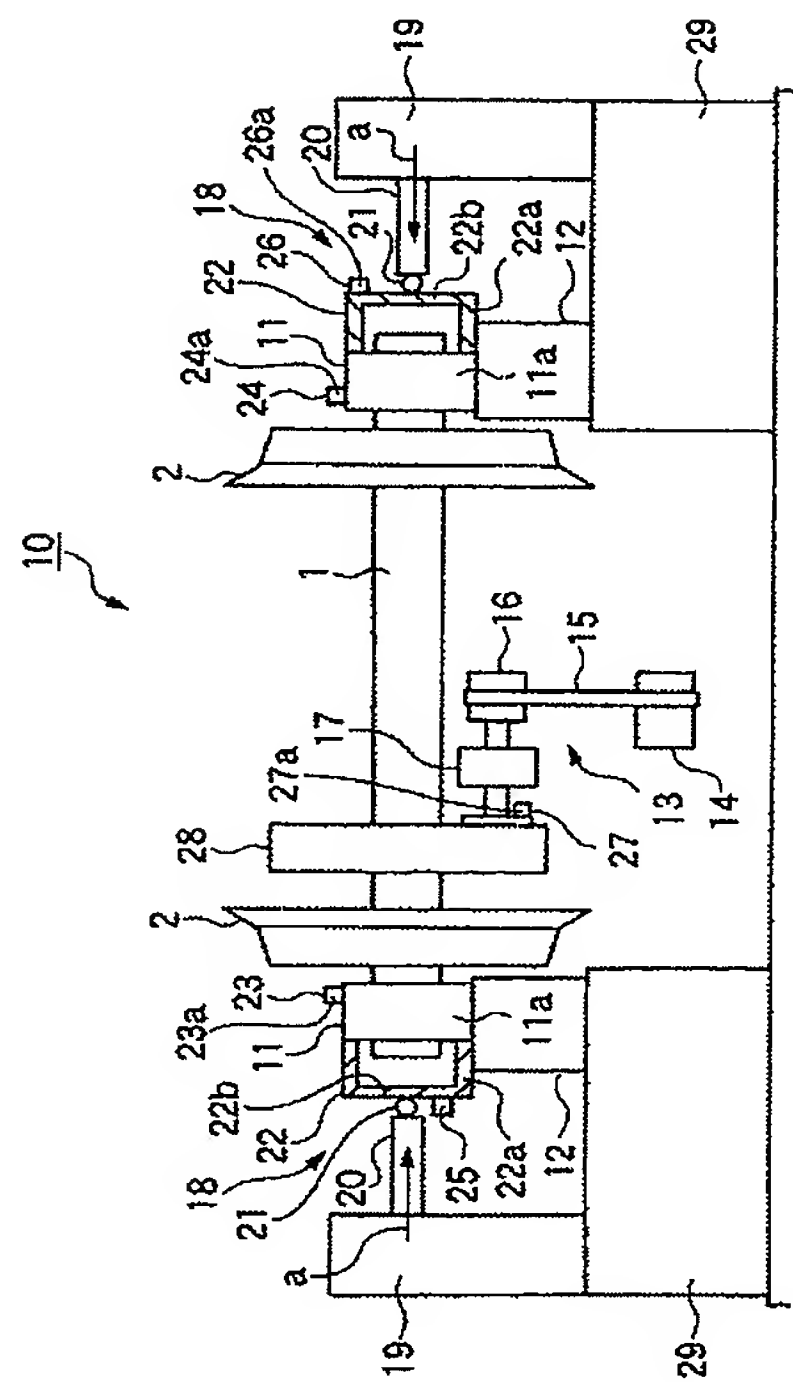
221 Wavelet analyzing parts

222 Comparative collation part

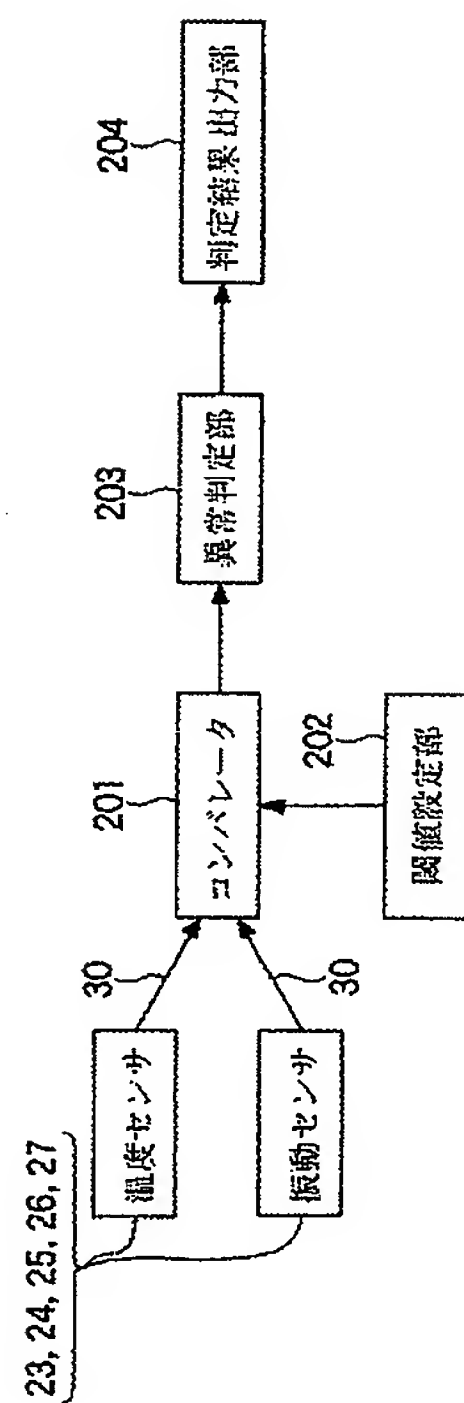
225 Result output part

DRAWINGS

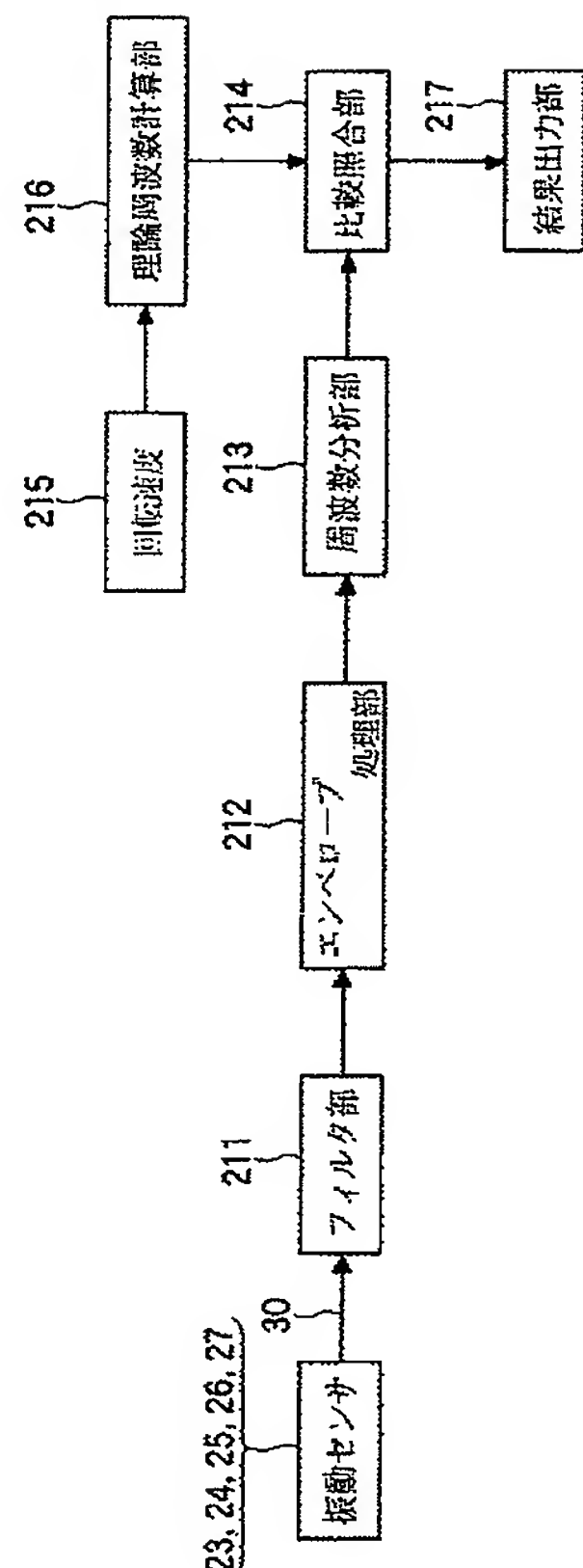
[Drawing 1]



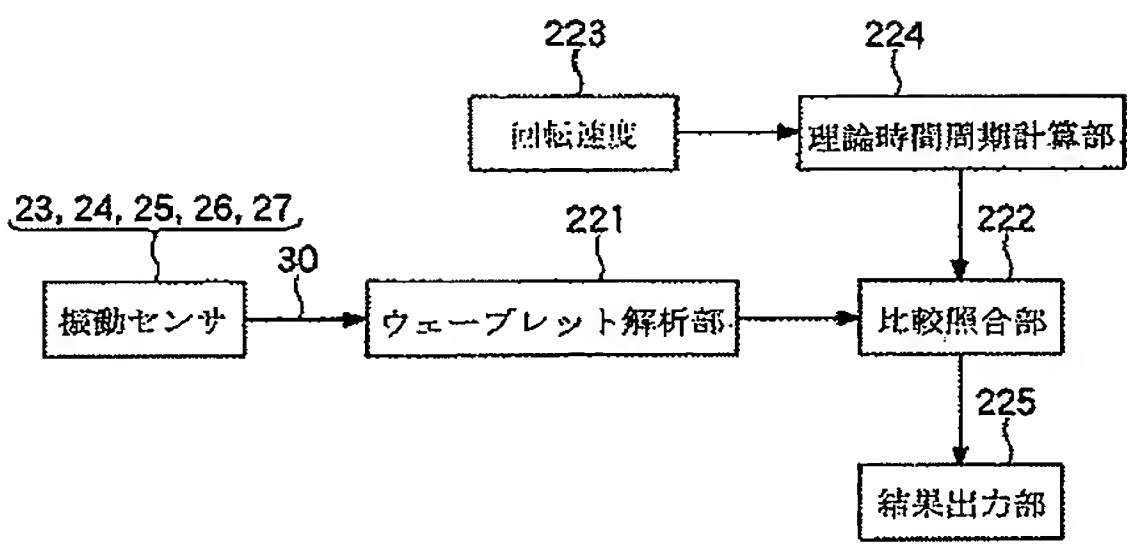
[Drawing 2]



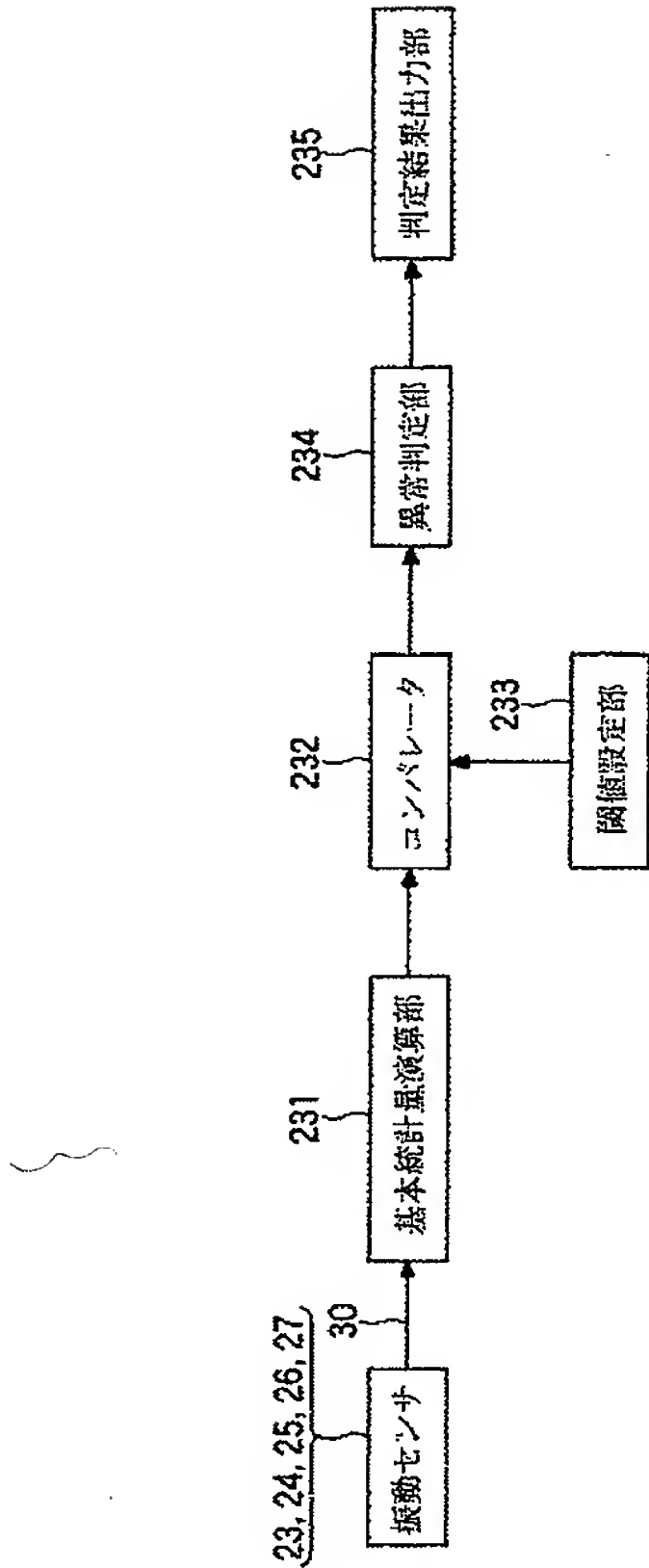
[Drawing 3]



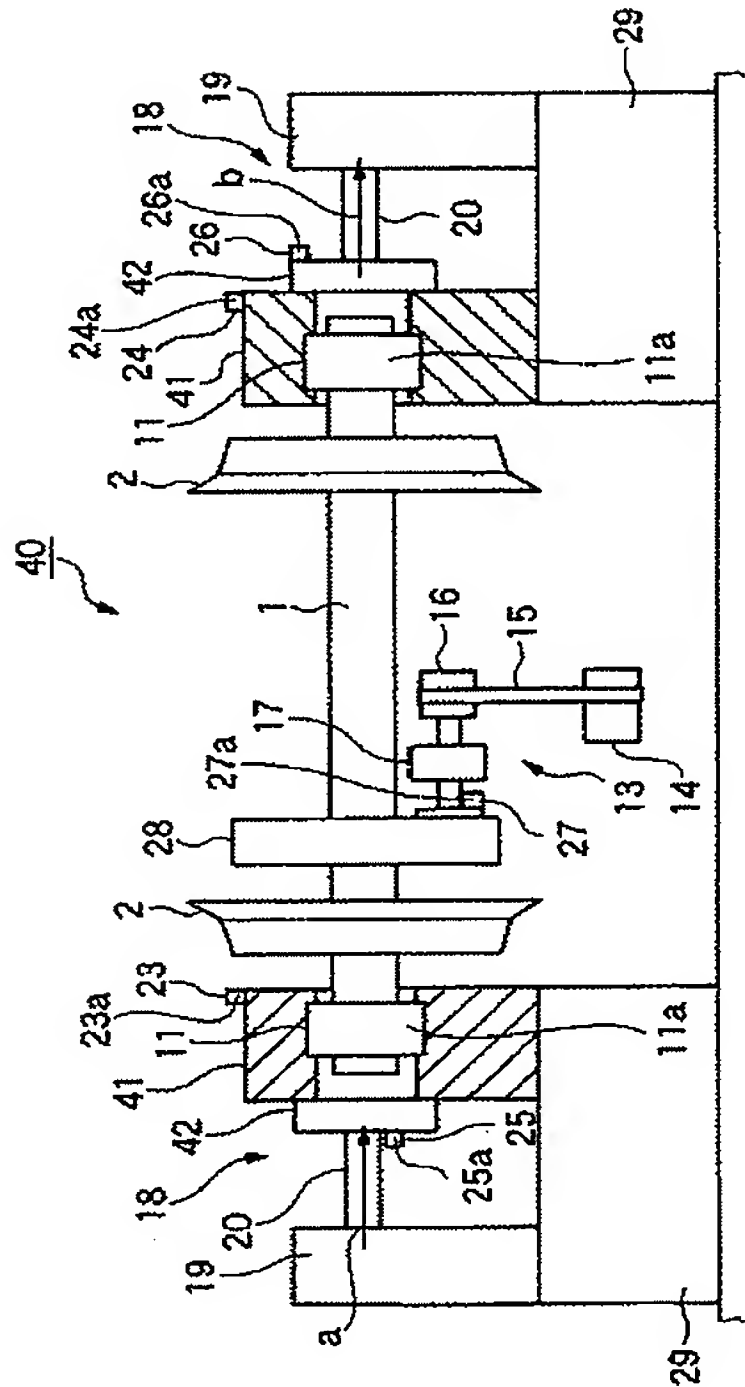
[Drawing 4]



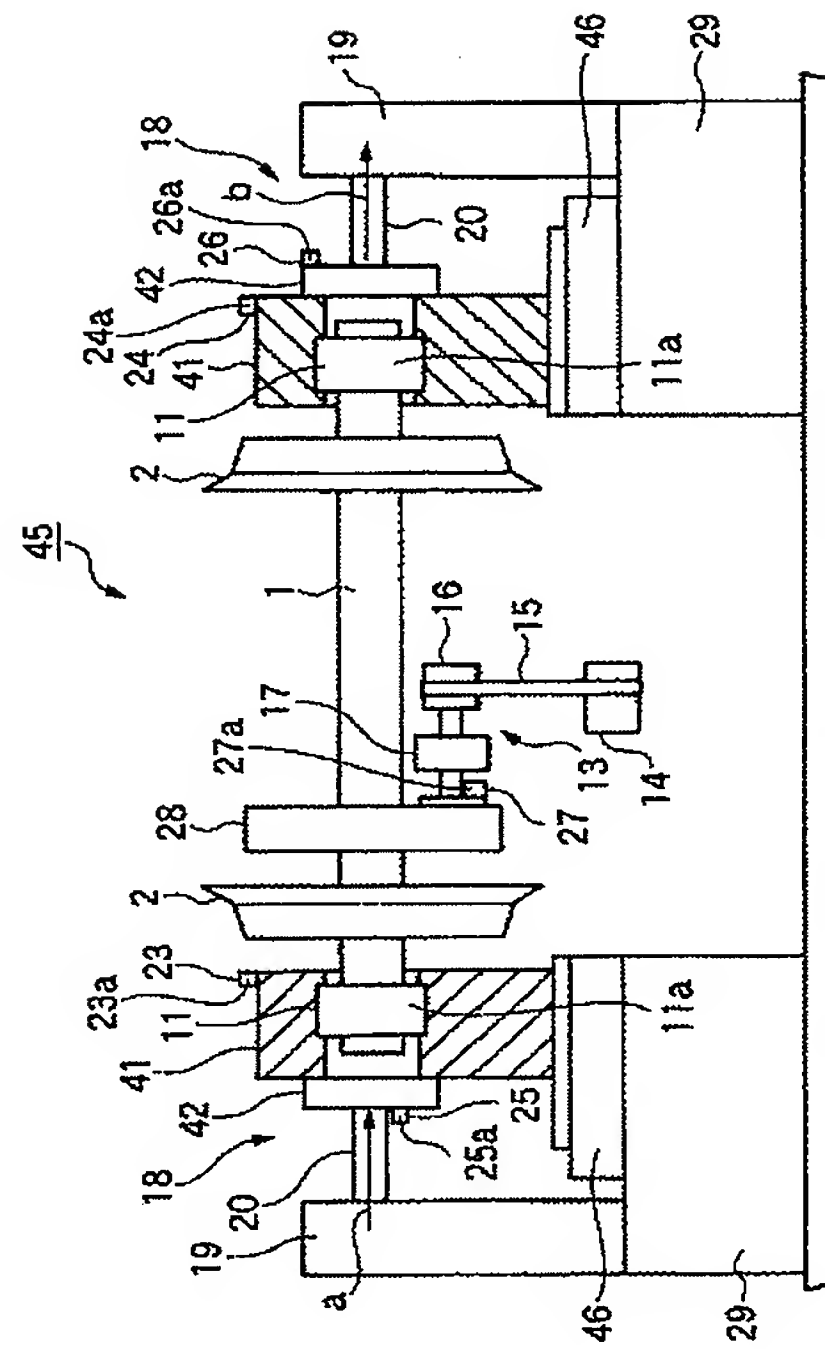
[Drawing 5]



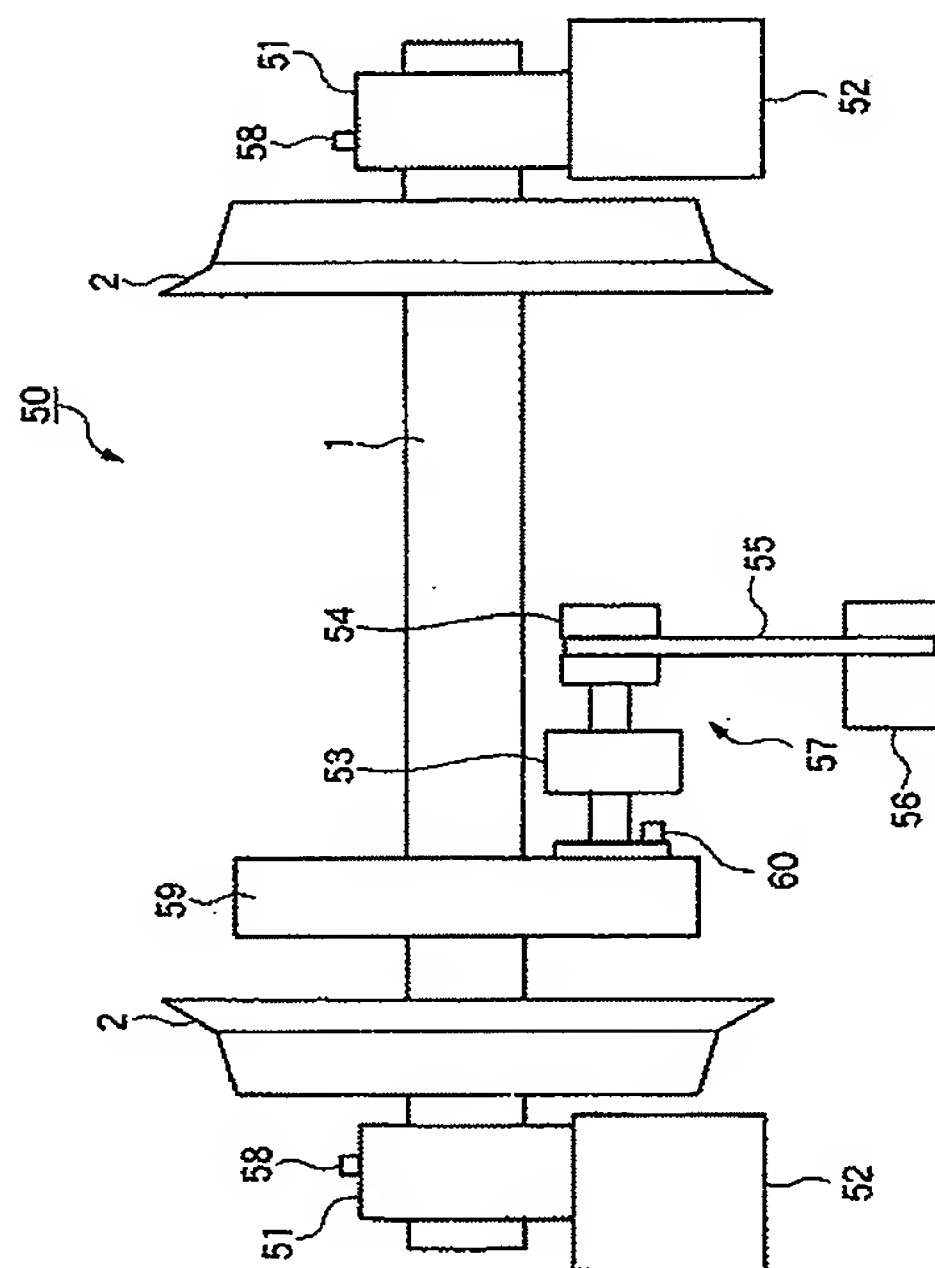
[Drawing 6]



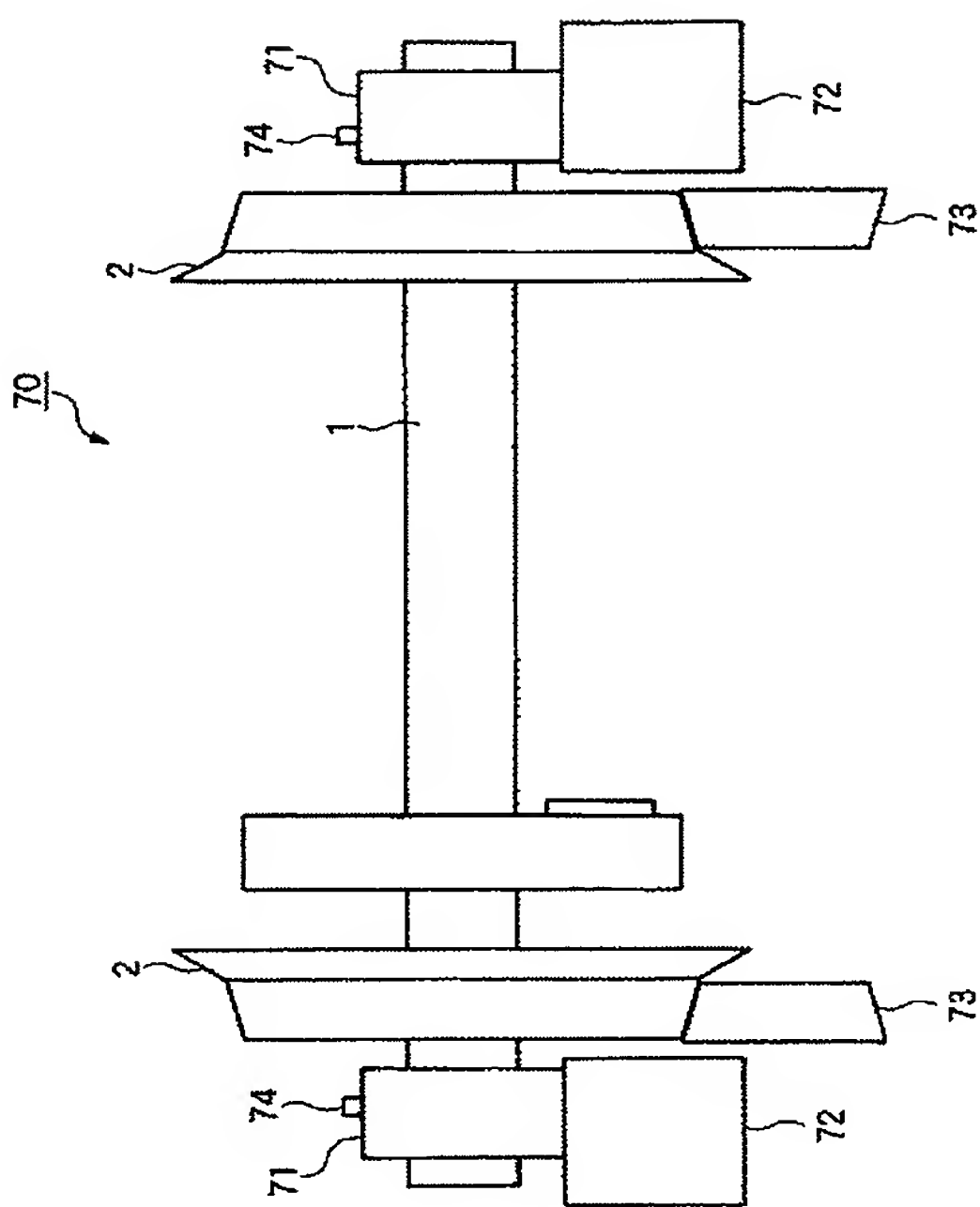
[Drawing 7]



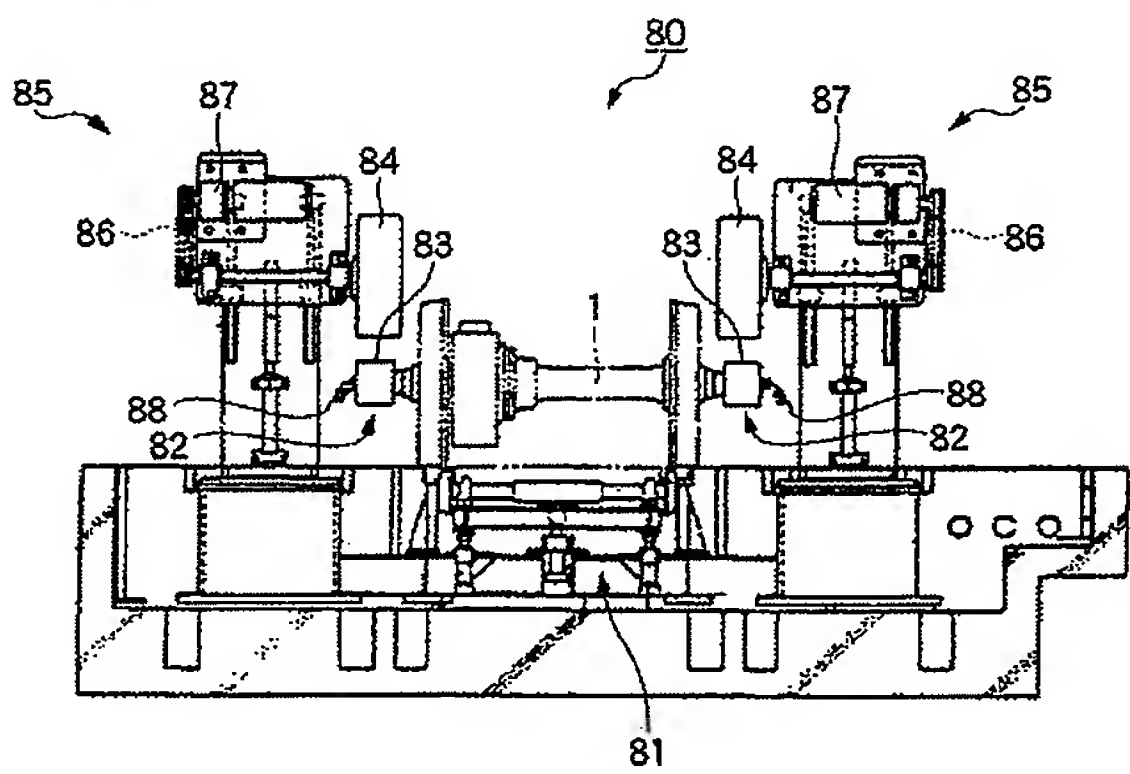
[Drawing 8]



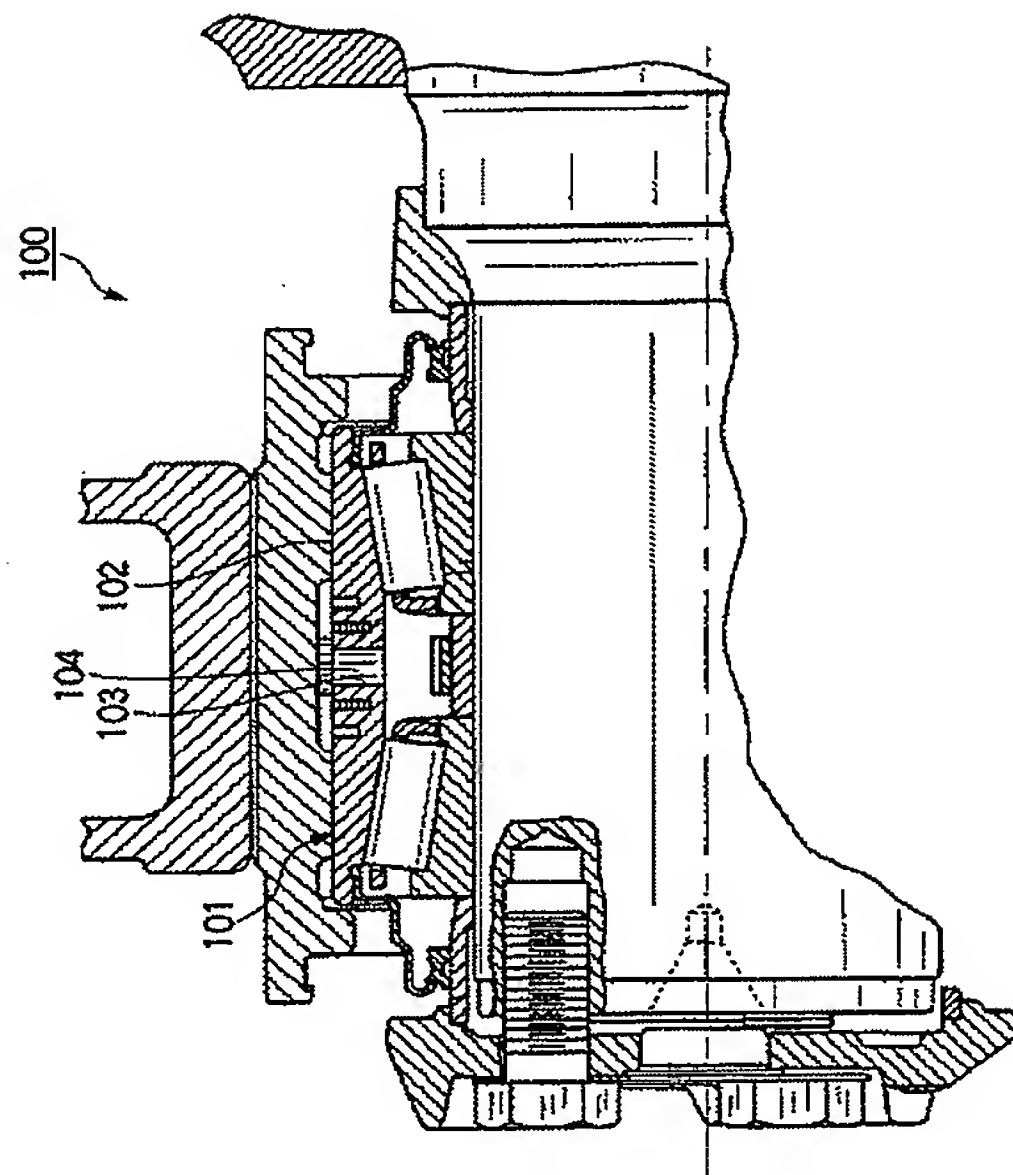
[Drawing 9]



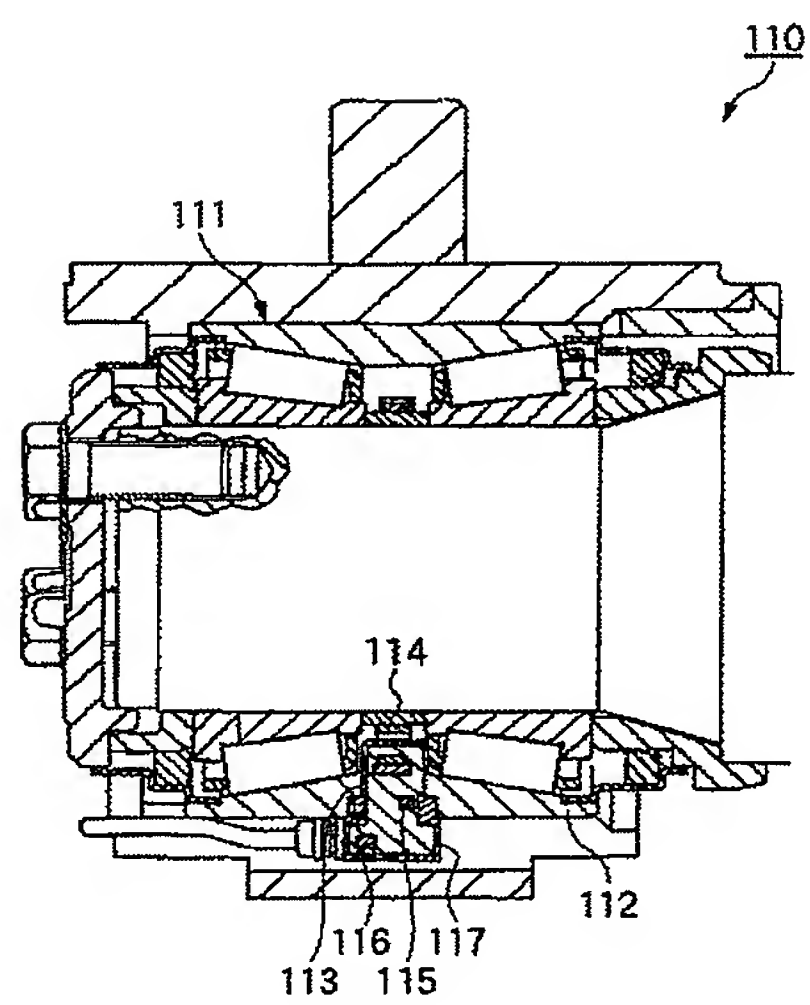
[Drawing 10]



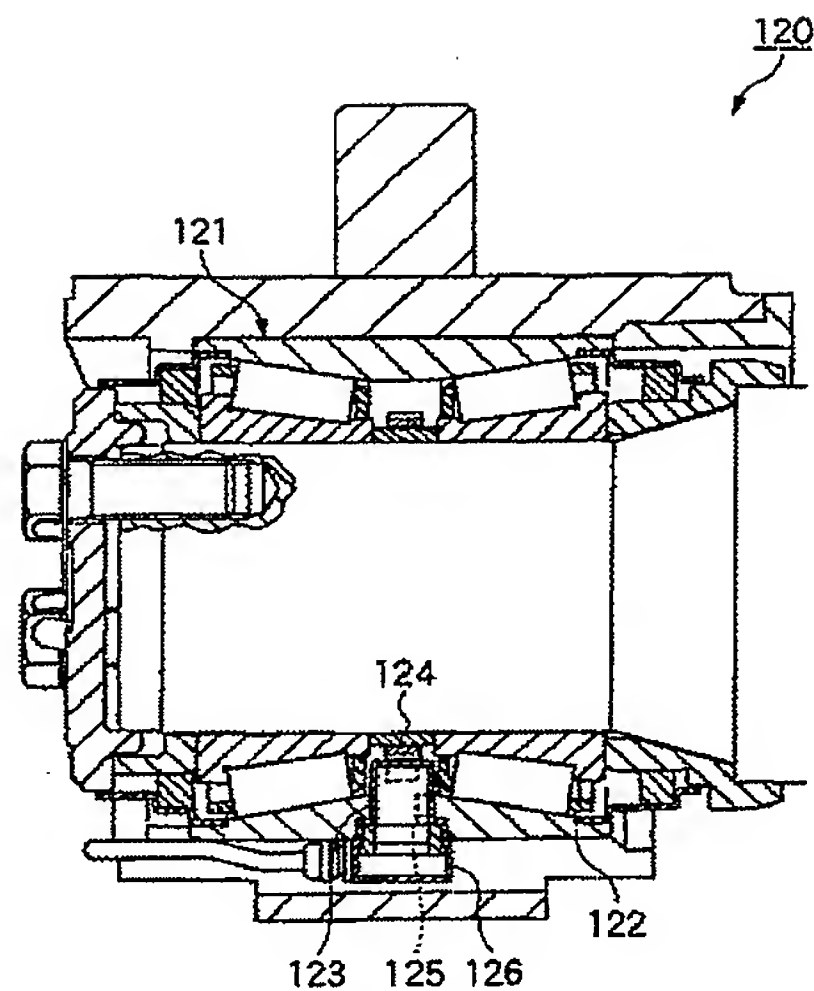
[Drawing 11]



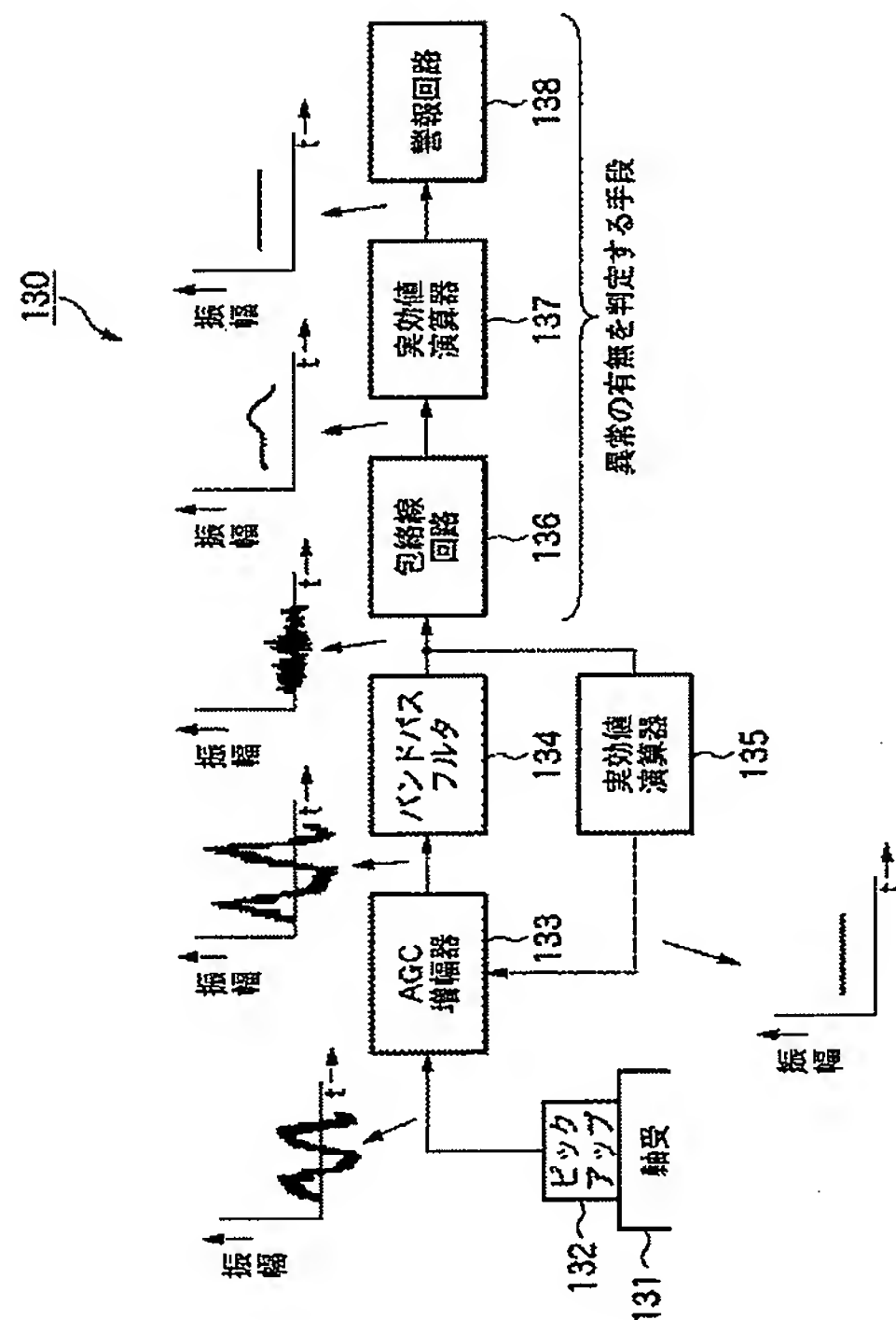
[Drawing 12]



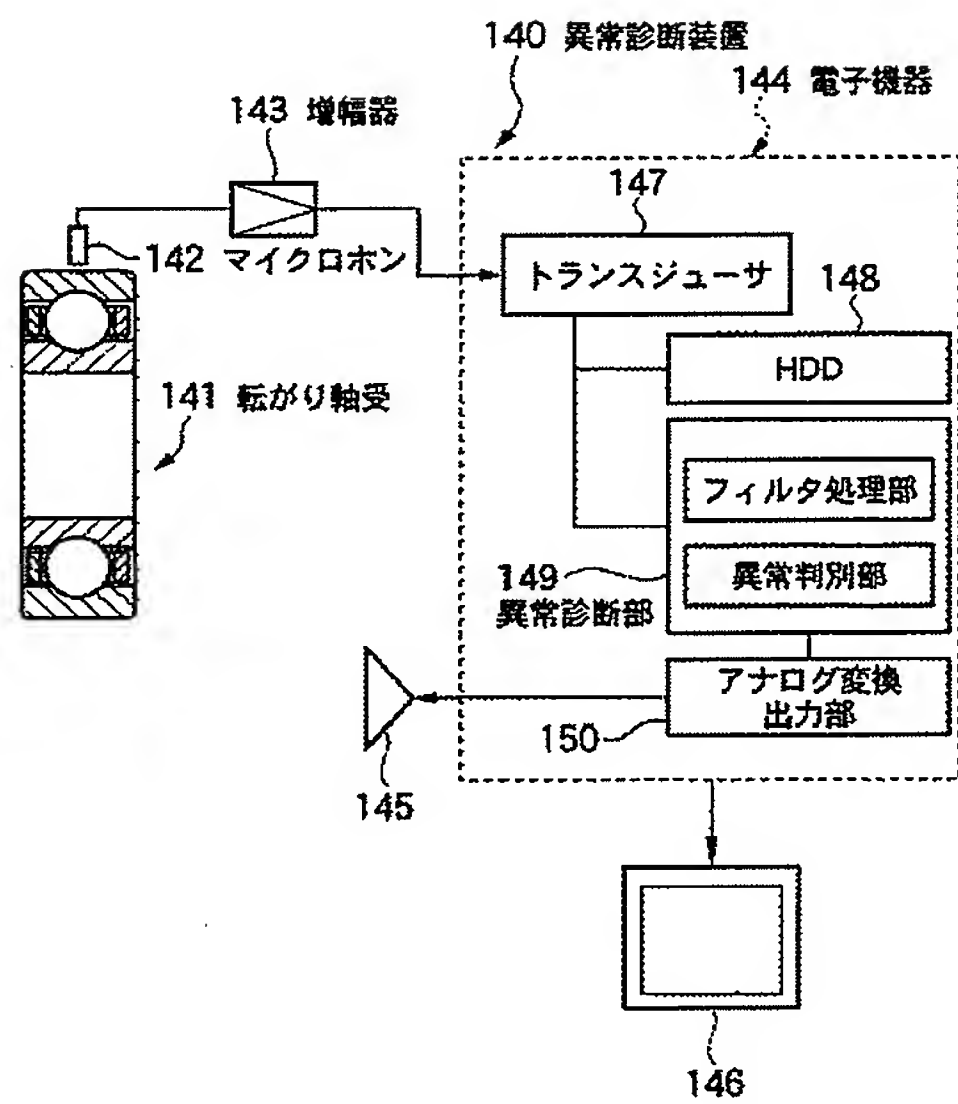
[Drawing 13]



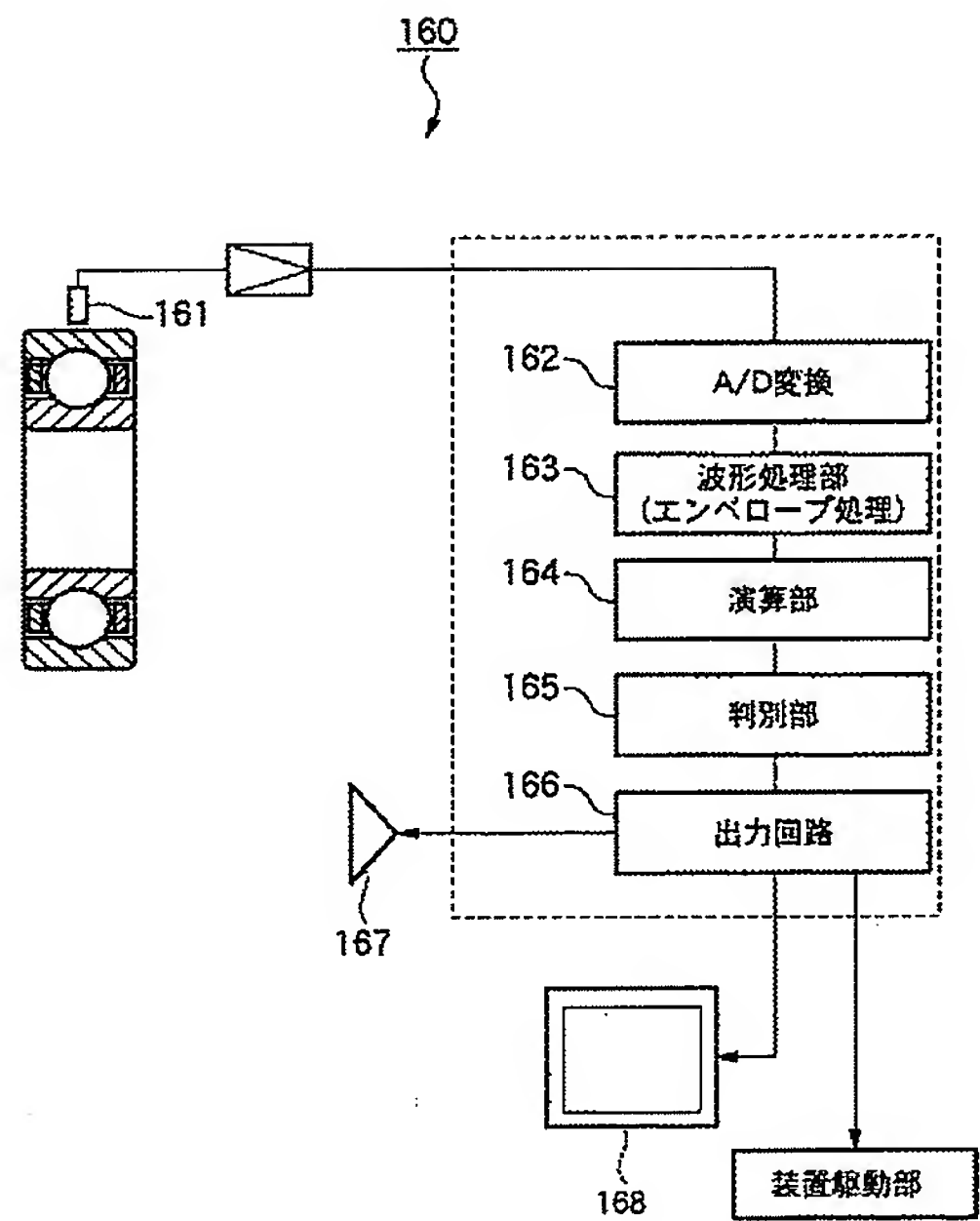
[Drawing 14]



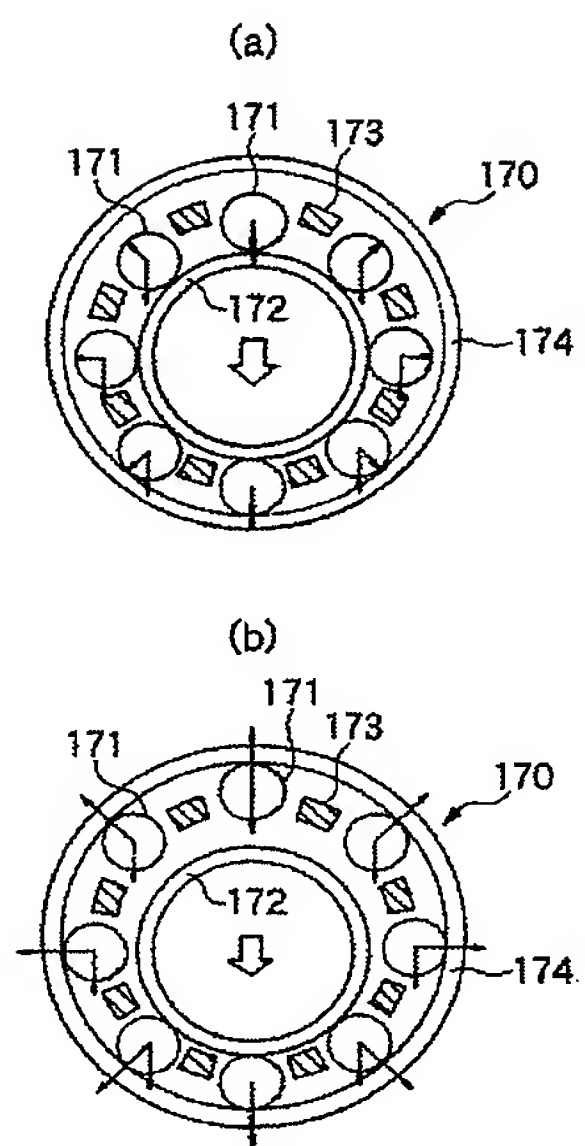
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転試験台を用いてラジアル荷重が負荷される転がり軸受ユニットまたは転がり軸受ユニットを内装した軸受箱の異常を診断する転がり軸受ユニットの診断装置であって、前記回転試験台上に設置した前記転がり軸受ユニットまたは前記軸受箱に対し任意に可変されたスラスト力を付与するスラスト力付与機構を有し、前記スラスト力付与機構により該転がり軸受ユニットまたは該軸受箱にスラスト力を負荷しながら回転試験を行うとともに、該転がり軸受ユニットまたは該軸受箱に、振動センサ、温度センサ、A Eセンサまたは超音波センサのうちから選択される少なくとも1個の異常検出用センサを同一の筐体内に収納固定したことを特徴とする転がり軸受ユニットの診断装置。

10

【請求項 2】

前記異常検出用センサの筐体は、検出した信号を外部に送出するための信号搬出手段を有し、前記信号搬送手段を介して送出された信号に基づき異常の有無を判定し出力する判定結果出力部を有することを特徴とする請求項 1 に記載の転がり軸受ユニットの診断装置。

【請求項 3】

前記振動センサ、A Eセンサまたは超音波センサから得られた検出波形から不要な周波数帯域を除去するフィルタ部と、前記フィルタ部から転送されたフィルタ後の波形の絶対値を検波するエンベロープ処理部と、前記エンベロープ処理部から転送された波形の周波数を分析する周波数分析部と、回転速度に基づき算出した損傷に起因した周波数と実測データに基づく周波数とを比較する比較照合部と、前記比較照合部での比較結果に基づき、異常の有無、異常部位の特定をする結果出力部を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 2 のいずれかに記載の転がり軸受ユニットの診断装置。

20

【請求項 4】

前記振動センサから得られた検出波形にウェーブレット処理を施すウェーブレット解析部と、回転速度に基づき算出した損傷に起因した時間間隔と実測データに基づく時間間隔とを比較する比較照合部と、前記比較照合部での比較結果に基づき、異常の有無、異常部位の特定をする結果出力部を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の転がり軸受ユニットの診断装置。

【請求項 5】

前記振動センサから得られた検出信号の実効値またはピーク値または波高率に基づき、異常の有無、異常部位の特定をする結果出力部を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の転がり軸受ユニットの診断装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の軸受ユニットの診断装置を用いて前記転がり軸受ユニットまたは前記軸受箱の異常を診断することを特徴とする転がり軸受ユニットの診断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば鉄道車両用の車軸やギアボックス或いは発電用風車等の機械装置に用いられる複数の回転部品を支持する転がり軸受ユニットや軸受箱の異常を診断する転がり軸受ユニットの診断装置及び診断方法に関し、特に機械装置を分解することなく回転部品の異常診断を行なう転がり軸受ユニットの診断装置及び診断方法に関する。

40

【0002】

【従来の技術】

従来、鉄道車両や発電用風車等の回転部品を支持する転がり軸受ユニットや軸受箱を有する機械装置は、一定期間使用した後に、軸受やその他の部分について損傷や摩耗等の欠陥の有無が検査される。この検査は、機械装置全体を定期的に分解することにより行なわれ、回転部品にできた損傷や摩耗は、検査担当者が目視により発見するようにしている。このような検査で発見される主な欠陥としては、軸受の場合、異物の噛み込み等によって生

50

ずる圧痕、転がり疲れによる剥離、その他の摩耗等がある。また、歯車の場合、歯部の欠損や摩耗等があり、車輪の場合、フラット等の摩耗があり、新品にはない凹凸や摩耗等があれば、新品に交換し再度装置に組み付けられる。

【0003】

また、従来の転がり軸受ユニットの診断装置として、図8に示す診断装置50は、一对の転がり軸受51、51を支持する支持台52、52と、継手53、駆動プーリ54、駆動ベルト55、駆動モータ56からなる駆動装置57と、が用いられる。一对の車輪2が固定された車軸1の端部を転がり軸受51、51によって支持し、転がり軸受51、51の外周上部に振動センサ58、58を配置している。また、車軸1に結合されたギアボックス59に、継手53を介して駆動プーリ54が連結され、駆動プーリ54に駆動ベルト55を介して駆動モータ56が連結される。ギアボックス59の出力部にも振動センサ60が配置される。

10

【0004】

このような診断装置50では、振動センサ58、58が発生する振動データ信号により転がり軸受51、51の異常の有無を検出し、振動センサ60が発生する振動データ信号によりギアボックス59に内蔵された歯車の異常の有無を検出する。

【0005】

また、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成例として、図9に示す診断装置70は、一对の転がり軸受71、71を支持する支持台72、72と、車輪2に当接することによって車軸1を回転させる回転駆動ローラ73、73と、が用いられる。一对の車輪2が固定された車軸1の端部を転がり軸受71、71によって支持し、転がり軸受71、71の外周上部に振動センサ74、74を配置している。

20

【0006】

このような診断装置70では、振動センサ74、74が発生する振動データ信号により転がり軸受71、71の異常の有無を検出する。

【0007】

また、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成として、図10に示す診断装置80は、車軸1を定位置に固定する位置決め機構81と、位置決めされた車軸1の軸方向両側に設置され、車軸両端に嵌着された転がり軸受82、82の外輪83、83に回転体84、84を圧着させて、外輪83、83に回転を付与する外輪回転機構85とを有する。回転体84、84は、ベルト86、86を介して連結された動力87、87により回転駆動される。車軸1の両端に振動ピックアップ88、88が取付けられている。

30

【0008】

このような診断装置80では、車軸に嵌着されたピニオンギアや車輪等からの余分な振動が全く発生せずに、転がり軸受82、82に有するところから発生する損傷振動のみを振動ピックアップ88、88により検出する（例えば、特許文献1参照）。

【0009】

また、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成例として、図11に示すセンサモジュールを有する転がり軸受ユニットの診断装置100は、転がり軸受101の外輪102の外周上面にモジュール穴103が形成され、外輪102の外周上面のモジュール穴103に速度センサ、温度センサ、加速度センサを内装したモジュール104が挿入固定されている。そして、モジュール104内の各センサが発生した検出信号は、通信チャンネルを通じて、転がり軸受101が設置される貨車や客車を牽引する機関車内の遠隔処理ユニットに送信される。

40

【0010】

そして、このような診断装置100において、速度については、回転する車輪によって生じたパルスに基づくジャーナルの瞬間的な速度を検出することにより、その速度と、同様の条件で動作する他の軸受の速度との比較を行い、軸受組立体によって経験された全周期履歴の保存記録を行なう。また、温度については、単純なレベル検出により、同様の条件で動作する他の軸受の温度との比較を行なう。そして、振動については、所定の時間間隔

50

に亘るエネルギーレベルの単純なRMS測定を行い、そのエネルギーレベルと、処理ユニットに記憶された過去のエネルギーレベルとを比較し、同様の条件で動作する他の軸受のエネルギーレベルとの比較を行なう（例えば、特許文献2参照）。

【0011】

また、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成例として、図12に示す診断装置110は、複列円すいころ軸受111の外輪112の下端部に、センサ取付孔113が形成され、センサ取付孔113に、回転速度センサ114と、温度センサ115と、加速度センサ116と、を有するセンサユニット117が挿入支持されている（例えば、特許文献3参照）。

【0012】

更に、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成例として、図13に示す診断装置120は、複列円すいころ軸受121の外輪122の下端部に、センサ取付孔123が形成され、センサ取付孔123に、回転速度センサ124と、温度センサ125と、を有するセンサユニット126が挿入支持されている（例えば、特許文献4参照）。

【0013】

また、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成例として、図14に示す軸受の異常検知装置130は、軸受131の機械的振動を電氣的振動に変換して出力するピックアップ132と、ピックアップ132の出力を増幅する自動利得制御増幅器133と、増幅器133の出力から駆動系や他の機械系から生ずるノイズを除去する1～15kHzのバンドパスフィルタ134と、バンドパスフィルタ134の出力の実効値を演算し自動利得制御増幅器133の利得制御端子に供給する実効値演算器135と、バンドパスフィルタ134の出力を入力する包絡線回路136と、包絡線回路136の出力を入力する実効値演算器137と、実効値演算器137の出力を入力しその値が所定値を超えたときにランプや接点出力で警報を出す警報回路138と、を備えた構成を有する（例えば、特許文献5参照）。

【0014】

また、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成例として、図15に示す転がり軸受の異常診断装置140は、転がり軸受141の近傍に配されるマイクロホン142と、増幅器143と、電子機器144と、スピーカ145と、モニタ146と、を備えた構成を有する。電子機器144は、演算処理装置であり、変換部としてのトランスジューサ147と、記録部としてのHDD148と、演算処理部としての異常診断分149と、アナログ変換出力部150を備える（例えば、特許文献6参照）。

【0015】

また、転がり軸受ユニットの診断装置の他の構成例として、図16に示す軸受の異常診断方法及び異常診断装置160は、センサ161が出力した電氣的な信号波形が、アナログ・デジタル変換器162によってデジタルファイル化され、波形処理部163に送られ、波形処理部163で、エンベロップ処理が行われてエンベロップスペクトルが得られる。また、波形処理部163では、抽出工程において、軸受構成部品の特定の周波数成分である、内輪傷成分、外輪傷成分、転動体成分が、所定の式を用いてエンベロップスペクトルより抽出される。演算部164では、演算工程が行なわれ、判別部165では、比較工程が行なわれ、判定結果が出力回路166から出力され、スピーカ167やモニタ168により検査員に報知される（例えば、特許文献7参照）。

【0016】

【特許文献1】

特開2001-296213号公報（第2-3頁、第1図）

【特許文献2】

特表2001-500597号公報（第10-16頁、第1図）

【特許文献3】

特開2002-295464号公報（第4-5頁、第1図）

【特許文献4】

10

20

30

40

50

特開 2 0 0 2 - 2 9 2 9 2 8 号公報 (第 4 - 5 頁、第 1 図)

【特許文献 5】

特開平 2 - 2 0 5 7 2 7 号公報 (第 2 - 3 頁、第 1 図)

【特許文献 6】

特開 2 0 0 0 - 1 4 6 7 6 2 号公報 (第 4 - 6 頁、第 1 図)

【特許文献 7】

特開 2 0 0 1 - 0 2 1 4 5 3 号公報 (第 5 - 6 頁、第 1 図)

【0 0 1 7】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記機械装置全体を分解して、担当者が目視で検査する方法では、限られた時間内で多数の部品を目視で検査するため、欠陥を見落とすおそれがあるという欠点がある。また、欠陥の程度の判断にも個人差があり、実質的に欠陥がなくても部品交換が行なわれることもあるため、無駄なコストがかかることにもなり得る。さらに、組み立て直しを行なうときに、検査前には無かった打痕を回転部品につけてしまう等、検査自体が部品の欠陥の新たな原因を生むおそれもある。

10

【0 0 1 8】

また、上記図 8 ～図 1 6 に記載された転がり軸受ユニットの診断装置では、転がり軸受に車軸の自重分のラジアル荷重が常時負荷されているが、実際の車両に取付けられた場合での軸受の負荷圏とは異なることがある。例えば、図 8 において、軸受の負荷圏は図 8 中の下方であるが、実際の車両における軸受の負荷圏は上方である。そのため、実際の車両における負荷圏領域での軸受損傷を見落とすおそれがある。これは、非負荷圏の場合、軸受の転動体と転動面との接触が不安定であり、振動検出が安定しないという問題点による。そこで、回転試験の回転速度を高くして、遠心力を大きくすることにより安定した振動検出を行なおうとした方法も提案されている。しかし、高速回転で試験を行うためには、回転試験設備が大型化し、試験中の振動や騒音も高くなるため、他の試験へ影響を及ぼすおそれがあるとともに、設備費が高騰するおそれがある。

20

【0 0 1 9】

ラジアル荷重が負荷された状態で軸受が使用されると、軸受内部に負荷圏と非負荷圏とが存在する。図 1 7 (a) に示すように、軸受 1 7 0 を低速で回転させると、転動体 1 7 1 の遠心力よりも転動体 1 7 1 の自重の方が大きいため、非負荷圏で転動体 1 7 1 が内輪 1 7 2 または保持器 1 7 3 と衝突する転動体落ち音が発生する。これに対して、図 1 7 (b) に示すように、軸受 1 7 0 を高速で回転させると、転動体 1 7 1 の遠心力の方が転動体 1 7 1 の自重よりも大きくなるため、転動体 1 7 1 は内輪 1 7 2 または保持器 1 7 3 に衝突しない。このような場合の周波数成分は、外輪 1 7 4 の損傷に起因した周波数成分と一致するため、分離することは極めて難しい。

30

【0 0 2 0】

また、回転部品の状態を温度で監視する場合、温度異常が発生したとしても、どの部品に異常が生じたかまではわからないことが多く、回転部品に異常が発生しても、例えば、軸受の軌道輪に傷が生じた場合、振動値は上昇するが、温度上昇はほとんどないため、異常の種類によっては検出することができないこともある。

40

【0 0 2 1】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、分解するのに多くの手間がかかるような機械装置の分解を行なうことなく、回転させながら定期的に検査試験を行う場合、その機械装置の回転部品の欠陥を見落とすことなく高精度な検出が可能な転がり軸受ユニットの診断装置を提供し、装置の分解や組み立て直しにかかる手間を軽減すること、及び分解や組み立てに伴う部品の新たな損傷防止を図ることにある。

【0 0 2 2】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項 1 記載の転がり軸受ユニットの診断装置は、回転試験台を用いてラジアル荷重が負荷される転がり軸受ユニットまたは転がり軸受ユニットを内装した軸受箱の異常

50

を診断する転がり軸受ユニットの診断装置であって、
前記回転試験台上に設置した前記転がり軸受ユニットまたは前記軸受箱に対し任意に可変されたスラスト力を付与するスラスト力付与機構を有し、前記スラスト力付与機構により該転がり軸受ユニットまたは該軸受箱にスラスト力を負荷しながら回転試験を行うとともに、該転がり軸受ユニットまたは該軸受箱に、振動センサ、温度センサ、A Eセンサまたは超音波センサのうちから選択される少なくとも1個の異常検出用センサを同一の筐体内に収納固定したことを特徴とする。

【0023】

請求項2記載の転がり軸受ユニットの診断装置は、前記異常検出用センサの筐体は、検出した信号を外部に送出するための信号搬出手段を有し、前記信号搬送手段を介して送出された信号に基づき異常の有無を判定し出力する判定結果出力部を有することを特徴とする請求項1に記載の転がり軸受ユニットの診断装置である。

10

【0024】

請求項3記載の転がり軸受ユニットの診断装置は、前記振動センサ、前記A Eセンサまたは前記超音波センサから得られた検出波形から不要な周波数帯域を除去するフィルタ部と、前記フィルタ部から転送されたフィルタ後の波形の絶対値を検波するエンベロープ処理部と、前記エンベロープ処理部から転送された波形の周波数を分析する周波数分析部と、回転速度に基づき算出した損傷に起因した周波数と実測データに基づく周波数とを比較する比較照合部と、前記比較照合部での比較結果に基づき、異常の有無、異常部位の特定をする結果出力部を備えていることを特徴とする請求項1乃至2のいずれかに記載の転がり軸受ユニットの診断装置である。

20

【0025】

請求項4記載の転がり軸受ユニットの診断装置は、前記振動センサから得られた検出波形にウェーブレット処理を施すウェーブレット解析部と、回転速度に基づき算出した損傷に起因した時間間隔と実測データに基づく時間間隔とを比較する比較照合部と、前記比較照合部での比較結果に基づき、異常の有無、異常部位の特定をする結果出力部を備えていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の転がり軸受ユニットの診断装置である。

【0026】

請求項5記載の転がり軸受ユニットの診断装置は、前記振動センサから得られた検出信号の実効値またはピーク値または波高率に基づき、異常の有無、異常部位の特定をする結果出力部を備えていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の転がり軸受ユニットの診断装置である。

30

【0027】

請求項6記載の転がり軸受ユニットの診断方法は、請求項1乃至5のいずれかに記載の軸受ユニットの診断装置を用いて前記転がり軸受ユニットまたは前記軸受箱の異常を診断することを特徴とする。

【0028】

上述した本発明の軸受ユニットの診断装置及び診断方法によれば、スラスト力付与機構により、転がり軸受ユニットまたは軸受箱にスラスト力を負荷しながら回転試験が行われる。また、転がり軸受ユニットまたは軸受箱に、振動センサ、温度センサ、A Eセンサまたは超音波センサのうちから選択される少なくとも1個の異常検出用センサが同一の筐体内に収納固定されている。

40

したがって、転がり軸受ユニットまたは軸受箱にスラスト荷重を負荷することにより、転がり軸受の負荷圏及び非負荷圏の存在をなくして転がり軸受の全周を負荷圏とし、転がり軸受の転動体と転動面との接触を安定させることにより、軸受転動面全体の損傷を検出することができる。また、スラスト力付与機構は、スラスト力を軸方向に任意に可変するため、例えば、複列軸受の場合等に、スラスト力の方向を変更することにより片列毎に異常の有無を検査することができる。

【0029】

50

さらに、スラスト力を負荷することにより、非負荷圏が存在しなくなるため、転がり軸受を低速で回転させた際に非負荷圏で発生する転動体落ち音を低減して、外輪損傷の有無を精度良く診断することができる。また、回転部品の回転状態に伴う振動情報または温度情報が同時に検出されるので、回転部品が組み込まれている機械装置を分解することなく回転部品の回転中に複数の部品の欠陥を同時に検査することができる。そして、転がり軸受ユニットまたは軸受箱に、振動センサ、温度センサ、AEセンサまたは超音波センサのうちから選択される少なくとも1個の異常検出用センサを同一の筐体内に収納固定することにより、異常の有無を検出することができる。これにより、転がり軸受や歯車の異常診断における検出精度を飛躍的に向上させることができ、機械装置の安全性及び信頼性の向上を図ることができる。

10

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の転がり軸受ユニットの診断装置及び診断方法の実施形態を図1乃至図7に基づいて詳細に説明する。

図1は本発明の第1実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置の一部破断正面図、図2は図1に示す転がり軸受ユニットの診断装置の異常検出用センサにおける信号処理系統図、図3は図2とは異なる方法の信号処理系統図、図4は図2とはさらに異なる方法の信号処理系統図、図5は図2とはさらに異なる方法の信号処理系統図である。図6は本発明の第2実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置の一部破断正面図、図7は本発明の第3実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置の一部破断正面図である。なお、第2実施形態以下の各実施形態において、既に説明した部材等と同様な構成・作用を有する部材等については、図中に同一符号または相当符号を付することにより、説明を簡略化或いは省略する。

20

【0031】

図1に示すように、本発明の第1実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置10は、一对の転がり軸受11、11を支持する支持台12、12と、駆動モータ14、駆動ベルト15、駆動プーリ16、継手17を有する駆動装置13と、基部19、19、加圧ロッド20、20、調心機構21、21、加圧板22、22を有するスラスト力付与機構18と、5個の異常検出用センサ23、24、25、26、27と、から構成されており、ギアボックス28を介して車軸1に回転力を与える方式の鉄道車両用輪軸回転試験機（回転試験台）に適用される。

30

【0032】

転がり軸受11、11は、一对の車輪2が固定された車軸1の端部が内輪（図示しない）に内嵌されている。転がり軸受11、11は、外輪11a、11aが架台29、29上において支持台12、12上に配されている。

【0033】

駆動装置13は、通電により回転力を発生する駆動モータ14が駆動ベルト15を介して駆動プーリ16に連結されており、駆動プーリ16が継手17を介して車軸1に結合されたギアボックス28に連結されている。ギアボックス28は、継手17から与えられた回転を減速または増速したうえで車軸1を回転させる。

【0034】

スラスト力付与機構18を構成する基部19、19は、架台29、29上において転がり軸受11、11の両外側に配置されている。そして、基部19、19の上端部寄りに、加圧ロッド20、20が配されている。

40

【0035】

スラスト力付与機構18を構成する加圧ロッド20、20は、基部19、19に内蔵されたロードセル等の圧力発生手段により、予め定められた圧力を車軸1の両端部から軸方向に向けて発生する。加圧ロッド20、20のスラスト力は、調心機構21、21に与えられる。加圧ロッド20、20によるスラスト力は、圧力発生手段により任意に変更されるとともに、方向も任意に変えられる。

【0036】

50

スラスト力付与機構 18 を構成する調心機構 21, 21 は、調心用の球体であり、加圧ロッド 20, 20 から与えられたスラスト力を調心して加圧板 22 に付与する。

【0037】

スラスト力付与機構 18 を構成する加圧板 22, 22 は、円筒部 22a, 22a と、円板部 22b, 22b と、を備えている。円筒部 22a は、転がり軸受 11, 11 の外輪 11a, 11a の軸方向両端面に当接している。そして、円板部 22b, 22b の中心部に調心機構 21, 21 が当接している。

【0038】

スラスト力付与機構 18 は、転がり軸受 11, 11 における外輪 11a, 11a の端面に対し、車軸 1 の軸方向に沿った図中の矢印 a, a 方向のスラスト力を与える。これにより、転がり軸受 11, 11 に負荷圏及び非負荷圏が存在しなくなり、全周を負荷圏とする。また、スラスト力付与機構 18 は、加圧ロッド 20, 20 によるスラスト力を任意に可変することができるため、図 1 に示す転がり軸受 11, 11 が複列軸受である場合には、内側列にスラスト力を負荷することとなる。そして、複列軸受の場合に、スラスト力の方向を変更することにより、片列毎にスラスト力をかけることによって、各列毎にスラスト力をかけて診断を行なうことができる。なお、スラスト力は、両転がり軸受 11, 11 に同時に負荷しても良いし、片側ずつ負荷しても良い。片側ずつ負荷する場合には、車軸 1 の他端にスラスト力の反力支持部を設けるのが好ましい。

10

【0039】

5 個の異常検出用センサ 23, 24, 25, 26, 27 は、振動センサや温度センサまたは A E (アコースティック・エミッション) センサや超音波センサを一体のケース 23a, 24a, 25a, 26a, 27a 内に収納固定した複合型センサである。ケース 23a, 24a, 25a, 26a, 27a は樹脂モールドにより成形されている。また、5 個の異常検出用センサ 23, 24, 25, 26, 27 は、各ケース 23a, 24a, 25a, 26a, 27a に信号搬送手段 30 (図 2 に示す) を内蔵している。信号搬送手段 30 は、異常検出用センサ 23, 24, 25, 26, 27 が発生したデータ信号 (電圧信号) を外部の制御部に転送する機能を有する。信号搬送手段としては、リード線や送信機が用いられる。そして、異常検出用センサ 23, 24, 25, 26, 27 は、加速度或いは速度または変位型等、振動または A E または超音波を電気信号化できるものであれば良く、ノイズが多いような機械装置に取付ける際には、絶縁型を使用する方がノイズの影響を受けることがないので好ましい。

20

30

【0040】

温度センサは、サーミスタ温度測定素子や白金測温抵抗体や熱電対等の非接触タイプの温度測定素子である。温度センサとしては、雰囲気温度が規定値を超えると、バイメタルの接点が離れたり、接点が溶断したりすることで導通しなくなる温度フューズを用いても良い。その場合、装置の温度が規定値を超えたとき、温度フューズの導通が遮断されることによって温度異常が検出される。振動センサは、圧電素子等の振動測定素子である。A E センサは、亀裂の発生や進展、材料内の変態や変形、剥離や割れ、機械的な摩耗や摩擦等に起因する弾性波が固体中を伝わり、それが外表面に振動として現れた時に観察される現象を、固体表面において微小な高周波振動でもって感度よく検出するセンサである。A E センサでは、圧電変換により機械振動を電気信号に変換して用いる。

40

【0041】

異常検出用センサ 23 は、図 1 中の左方側に配置された一方の転がり軸受 11 における外輪 11a の上部に配されている。異常検出用センサ 24 は、図 1 中の右方側に配置された他方の転がり軸受 11 における外輪 11a の上部に配されている。異常検出用センサ 25 は、図 1 中の左方側に配置された加圧板 22 の円板部 22b における下部に配されている。異常検出用センサ 26 は、図 1 中の右方側に配置された加圧板 22 の円板部 22b における上部に配されている。異常検出用センサ 27 は、ギアボックス 28 の出力端部に配されている。

【0042】

50

異常検出用センサ 23, 24 は、転がり軸受 11, 11 の温度を検出して温度データ信号（電圧信号）を発生し、信号搬送手段 30 を通じて温度データ信号を外部の制御部に転送することにより、転がり軸受 11, 11 の焼付き異常を検出するのに用いる。また、異常検出用センサ 23, 24 は、転がり軸受 11, 11 の振動を検出して振動データ信号（電圧信号）を発生し、信号搬送手段 30 を通じて振動データ信号を外部の制御部に転送することにより、転がり軸受 11, 11 の内外輪軌道面の剥離を検出するのに用いる。

【0043】

異常検出用センサ 25, 26 は、加圧板 22, 22 を介して転がり軸受 11, 11 の温度を検出して温度データ信号（電圧信号）を発生し、信号搬送手段 30 を通じて温度データ信号を外部の制御部に転送することにより、転がり軸受 11, 11 の焼付き異常を検出するの
10
に用いる。また、異常検出用センサ 25, 26 は、加圧板 22, 22 を介して転がり軸受 11, 11 の振動を検出して振動データ信号（電圧信号）を発生し、信号搬送手段 30 を通じて振動データ信号を外部の制御部に転送することにより、転がり軸受 11, 11 の内外輪軌道面の剥離を検出するの
20
に用いる。

【0044】

異常検出用センサ 27 は、ギアボックス 28 の温度を検出して温度データ信号（電圧信号）を発生し、信号搬送手段 30 を通じて温度データ信号を外部の制御部に転送するとともに、ギアボックス 28 の振動を検出して振動データ信号（電圧信号）を発生し、信号搬送手段 30 を通じて振動データ信号を外部の制御部に転送することにより、ギアボックス 28 の歯車の欠損を検出するの
20
に用いる。

【0045】

図 2 に示すように、異常検出用センサ 23, 24, 25, 26, 27 における信号処理の第 1 の方法において、温度センサが発生した温度データ信号及び振動センサが発生した振動データ信号は、信号搬送手段 30 を介してコンパレータ 201 に入力される。コンパレータ 201 では、温度センサから与えられた温度データ信号値と閾値設定部 202 に保存されている予め設定された温度閾値とが比較される。同時に振動センサから与えられた振動データ信号値と閾値設定部 202 に保存されている振動閾値とが比較される。つまり、温度センサ及び振動センサのうちから選択される少なくとも 1 個の異常が異常検出用センサ 23, 24, 25, 26, 27 により検出される。このとき、温度データ信号値が温度閾値を超えた場合、異常判定部 203 において温度異常判定信号が出力され、判定結果出力部 204 において温度異常のアラームが出力される。また、振動データ信号値が振動閾値を超えた場合、異常判定部 203 で振動異常判定信号が出力され、判定結果出力部 204 で振動異常のアラームが出力される。アラームは有線や無線で転送されて作動する。このとき、閾値設定部 202 に保存される温度閾値及び振動閾値、異常判定部 203 で出力される温度・振動異常判定信号は、任意の時間内における実効値やピーク値を用いても良い。
30

【0046】

図 3 に示すように、異常検出用センサ 23, 24, 25, 26, 27 における信号処理の第 2 の方法において、振動センサが発生した振動データ信号は、信号搬送手段 30 を介して転送され、増幅後にフィルタ部 211 で任意の周波数帯域のみを抽出することにより不要な周波数帯域を除去されてエンベロープ処理部 212 に入力される。エンベロープ処理部 212 では、波形の絶対値を検波する絶対値検波処理が行われ、その後、周波数分析部 213 で周波数の分析処理が行われ、実測値データが比較照合部 214 へ転送される。一方、回転速度情報 215 に基づき理論周波数計算部 216 において、軸受、歯車、車輪の偏摩耗等の異常に起因したものとして設定された周波数成分の計算値データが比較照合部 214 に転送される。そして、比較照合部 214 で実測値データと計算値データとが比較照合されることにより、振動異常の有無、異常部位の特定が行われ、結果出力部 217 で振動異常の有無、特定部位の出力が行われる。結果出力部 217 への情報転送は、有線や無線で行なわれる。
40

【0047】

信号処理の第2の方法では、例えば電動機等から検出した回転速度情報と回転要素部品の設計諸元に基づけば、周波数成分の計算と比較照合を容易に行うことができる。また、増幅後の振動データ信号の処理は、各種データ処理と演算と行なうもので、例えば、コンピュータ或いは専用マイクロチップ等によっても構成が可能である。さらに、検出したデータ信号をメモリ等の保存手段に格納後に、演算処理を行なうようにしても良い。

【0048】

また、機械によっては軸受の交換に手間を要するため、機械を直ちに停止させることができないことがある。この場合、損傷の程度により軸受の交換を行なうこともある。その場合の判定基準として、予め定めておいた基準値に対して、例えば、振動の実効値、最大値、波高率を用いても良い。

10

【0049】

図4に示すように、異常検出用センサ23, 24, 25, 26, 27における信号処理の第3の方法において、振動センサが発生した振動データ信号は、信号搬送手段30を介して転送され、増幅後にウェーブレット解析部221で、局所的プロセス、マルチスケールプロセス、非定常プロセスを検知するため、信号の解析、符号化、圧縮、再構成等を行って得られた実測値データが比較照合部222へ転送される。一方、回転速度情報223に基づき理論時間周期計算部224において、回転速度に基づき算出した損傷に起因した時間間隔の計算値データが比較照合部222へ転送される。そして、比較照合部222で実測値データと計算値データとが比較照合されることにより、振動異常の有無、異常部位の特定が行なわれ、結果出力部225で、振動異常の有無、特定部位の出力が行なわれる。結果出力部225への情報転送は、有線や無線で行なわれる。

20

【0050】

信号処理の第3の方法では、例えば、駆動モータ等から検出した回転速度情報と回転要素部品の設計諸元に基づけば、時間間隔の計算と比較照合を容易に行うことができる。

【0051】

図5に示すように、異常検出用センサ23, 24, 25, 26, 27における信号処理の第4の方法において、振動センサが発生した振動データ信号は、信号搬送手段30を介して転送された基本統計量演算部231で、振動データ信号の基本統計量が演算処理され、コンパレータ232に入力される。コンパレータ232では、基本統計量演算部231において演算処理された振動データ信号の基本統計量値と、閾値設定部233に保存されている予め設定された振動閾値とが比較される。そして、振動データ信号値の基本統計量値が振動閾値を超えた場合、異常判定部234で振動異常判定信号が出力され、判定結果出力部235で振動異常のアラームが出力される。アラームは有線や無線で転送されて作動する。このとき、閾値設定部234に保存される振動閾値、異常判定部235で出力される振動異常判定信号は、任意の時間内における実効値やピーク値を用いても良い。

30

【0052】

また、温度センサ及び振動センサを用いて得られた温度情報及び振動情報を基にした異常診断の処理方法として以下に示す方法を用いても良い。

【0053】

(1) エンベロープデータの実効値を基準値として用いる方法

40

本方法では、先ず予め設定した式を用いて異常時に発生する周波数成分を求める。そして、エンベロープデータの実効値を算出し、この実効値から比較用の基準値を求める。そして、基準値以上の周波数を算出し、異常時に発生する周波数成分との比較を行なう。異常周波数成分としては、内輪傷成分、外輪傷成分、転動体成分、保持器成分が、レベル毎に抽出される。

【0054】

(2) スペクトルのピークを求め、ピーク周波数と異常周波数とを比較する方法

本方法では、先ず異常時に発生する周波数成分を求める。そして、振動分析部で求めた周波数スペクトルの中で所定数または基準値以上のピークについて、異常が発生する周波数成分に該当するかどうかを照合する。この場合も、異常周波数成分としては、内輪傷成分

50

、外輪傷成分、転動体成分、保持器成分が、レベル毎に抽出される。

【0055】

(3) 基本周波数と特定の高調波を用いる方法

本方法では、異常周波数成分の基本周波数である1次の値、基本周波数の倍の周波数をもつ2次の値、基本周波数の4倍をもつ4次の値について、ピークの周波数と異常時に発生する周波数が一致しているかどうかを比較し、少なくとも2つの周波数において、異常有りと判断された場合には、最終的に異常有りと判断し、異常有りと判断された周波数が1つ以下である場合には、異常なしと判断する。

【0056】

(4) 異常診断と共に損傷の大きさを推定する方法

本方法では、エンベロープ処理後の周波数スペクトルを用い、大きなピークの周波数において、外輪に損傷が発生していることを確認し、この周波数におけるピークの値と周波数スペクトル全体の平均値である基準レベルとを比較することにより、異常を起こしている外輪における損傷の大きさを推定する。

10

【0057】

(5) 基本周波数の自然数倍の高調波成分とのレベル差を基準値とする方法

本方法では、異常周波数成分の基本周波数である1次のレベルに対して、基本周波数の2, 3, 4, ... n倍の周波数をもつ2, 3, 4, ... n次のレベルが基準値以上となっている個数をカウントし、所定個数以上基準値を超えている場合に、異常が発生していると判断する。具体的には、1次のレベルに対し、n次の値が $\{(1\text{次のレベル}) - (n - 1) \cdot a\}$ (dB) 以上である場合に、カウントを行なう。ここでaは、任意の値である。

20

【0058】

(6) 周波数帯域毎の実効値を用いる方法

本方法では、異常に起因する周波数のピークレベルそのものの値ではなく、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値を用いて、異常診断を行なう。具体的には、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値とは、周波数帯のレベルの自乗平均またはパーシャルオーバーオールである。ここで、自乗平均及びパーシャルオーバーオールは、予め定められた式により得られる。オーバーオールは、特定の指定区間の総和を意味する。

【0059】

上述したように、第1実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置10及び診断方法によれば、スラスト力付与機構18により、転がり軸受11, 11にスラスト力を負荷しながら回転試験が行われる。また、転がり軸受11, 11の外周部に、振動センサや温度センサまたはAEセンサや超音波センサを内蔵した異常検出用センサ23, 24が同一のケース23a, 24a内に収納固定されている。

30

したがって、転がり軸受11, 11にスラスト荷重を負荷することにより、転がり軸受11, 11の負荷圏及び非負荷圏の存在をなくして転がり軸受の全周を負荷圏とし、転がり軸受11, 11の転動体と転動面との接触を安定させることにより、軸受転動面全体の損傷を検出することができる。また、スラスト力付与機構18は、スラスト力を軸方向に任意に変えるため、例えば、複列軸受の場合等に、スラスト力の方向を変更することにより片列毎に異常の有無を検査することができる。

40

【0060】

さらに、スラスト力を負荷することにより、非負荷圏が存在しなくなるため、転がり軸受11, 11を低速で回転させた際に非負荷圏で発生する転動体落ち音を低減して、外輪損傷の有無を精度良く診断することができる。また、回転部品の回転状態に伴う振動情報または温度情報が同時に検出されるので、回転部品が組み込まれている機械装置を分解することなく回転部品の回転中に複数の部品の欠陥を同時に検査することができる。そして、転がり軸受11, 11の外周面に、振動センサや温度センサまたはAEセンサや超音波センサを内蔵した異常検出用センサ23, 24を同一のケース23a, 24a内に収納固定することにより、異常の有無を検出することができる。これにより、転がり軸受11, 1

50

1 や歯車の異常診断における検出精度を飛躍的に向上させることができ、機械装置の安全性及び信頼性の向上を図ることができる。

異常の検出の有無は、少なくとも振動センサ、温度センサ、A Eセンサ、超音波センサから選択される少なくとも1つがあれば可能であるが、少なくとも振動センサ、A Eセンサ、超音波センサから選択される少なくとも1つを用いる方がより望ましい。さらに、図2～図5のような解析を用いて異常判定を行うには、過去の異常データベースを利用できる点で振動センサを用いるのが望ましい。ただし、微小クラッチ発生 of 初期段階で異常を検出したい場合や、内部欠陥を検出するには、振動センサの代わりにA Eセンサや超音波センサを用いる方が適切である。温度センサは、前記3種類のセンサと組み合わせて異常判定に用いる方が単独で異常検出する場合より効果が大きい。

10

【0061】

次に、図6を用いて本発明に係る第2実施形態を説明する。

図6に示すように、第2実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置40は、第1実施形態における支持台12、12に代えて、転がり軸受11、11を内嵌した軸受箱41、41を備え、さらに、円板形状の加圧板42、42を用い、軸受箱41、41の上部に異常検出用センサ23、24を配している。

【0062】

この場合の転がり軸受ユニットの診断装置40では、図6中左方側に配置された一方の加圧ロッド20により、加圧板42を介して図6中左方側に配置された一方の軸受箱41を図6中右方向に向く矢印a方向にスラスト力として押圧している。そのため、転がり軸受11、11の内側列にスラスト力を負荷して診断を行うことができる。この場合、図6中右方側に配置された他方の加圧ロッド20を、他方の加圧板42に与えられているスラスト力を受けるように、矢印b方向に引張するようにすれば、転がり軸受11、11の外側列にスラスト力を負荷して診断を行うことができる。この場合、加圧板42、42として、転がり軸受11、11の端面の全周に負荷する形状であっても良く、或いは円周等配3点位置において負荷する形状であっても良い。また、この場合、転がり軸受11、11にモーメント荷重が負荷されると、転がり軸受11、11の隙間が円周方向で不均一になって好ましくないため、負荷部材としてばね等の弾性部材による調心機構を配するのが好ましい。第2実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置40においても、第1実施形態と同様の信号処理が行われる。

20

30

【0063】

次に、図7を用いて本発明に係る第3実施形態を説明する。

図7に示すように、第3実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置45は、第2実施形態における軸受箱41、41を、架台29、29上に配された直動案内46、46上に固定している。

【0064】

この場合の転がり軸受ユニットの診断装置45では、軸受箱41、41が、直動案内46、46により、軸方向に移動可能な自由度を有しているため、転がり軸受11、11における外輪11a、11aの端面及び軸受箱41、41の端面にスラスト力を負荷することとなり、軸受箱41、41の鏝部と転がり軸受11、11の端面とが接触することにより、転がり軸受11、11にスラスト力が負荷される。この場合、軸受箱41、41は二つ割れに形成する方が取付けを容易に行うことができる。第3実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置45においても、第1実施形態と同様の信号処理が行われる。

40

【0065】

なお、本発明に係る転がり軸受ユニットの診断装置は、上述した実施形態に限定されるものではなく、適宜な変形、改良等が可能である。例えば、転がり軸受ユニットの診断装置に用いられる転がり軸受として、円筒ころ軸受と単列ラジアル玉軸受との組合せや円筒ころ軸受或いは円すいころ軸受又は自動調心ころ軸受を用いるのが好ましい。

また、上記実施形態では異常検出用センサを作業性を考慮して軸受ユニットまたは軸受箱の外周部に固定してあるが、転がり軸受の外輪や軸受箱に埋設してもよく、センサ取付位

50

置はセンシングの精度や速度が最適な条件になるように選定することが望ましい。

【0066】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の転がり軸受ユニットの診断装置及び診断方法によれば、スラスト力付与機構により、転がり軸受ユニットまたは軸受箱にスラスト力を負荷しながら回転試験が行われる。また、転がり軸受ユニットまたは軸受箱に、振動センサ、温度センサ、A Eセンサまたは超音波センサのうちから選択される少なくとも1個の異常検出用センサが同一の筐体内に収納固定されている。

したがって、転がり軸受や歯車の異常診断における検出精度を飛躍的に向上させることができ、機械装置の安全性及び信頼性の向上を図ることができる。その結果、分解するのに多くの手間がかかるような機械装置の分解を行なうことなく、回転させながら定期的に検査試験を行う場合、その機械装置の回転部品の欠陥を見落とすことなく高精度な検出が可能な転がり軸受ユニットの診断装置を提供し、装置の分解や組み立て直しにかかる手間を軽減すること、及び分解や組み立てに伴う部品の新たな損傷防止を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置の一部破断正面図である。

【図2】図1に示した転がり軸受ユニットの診断装置の異常検出手段における信号処理系統図である。

【図3】図2とは異なる方法の信号処理系統図である。

【図4】図2とはさらに異なる方法の信号処理系統図である。

【図5】図2とはさらに異なる方法の信号処理系統図である。

【図6】本発明の第2実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置の一部破断正面図である。

【図7】本発明の第3実施形態の転がり軸受ユニットの診断装置の一部破断正面図である。

【図8】従来の転がり軸受ユニットの診断装置の正面図である。

【図9】従来の他の転がり軸受ユニットの診断装置の正面図である。

【図10】従来の更に他の転がり軸受ユニットの診断装置の正面図である。

【図11】従来の更に他の転がり軸受ユニットの診断装置の断面図である。

【図12】従来の更に他の転がり軸受ユニットの診断装置の断面図である。

【図13】従来の更に他の転がり軸受ユニットの診断装置の断面図である。

【図14】従来の更に他の構成例のブロック図である。

【図15】従来の更に他の構成例のブロック図である。

【図16】従来の更に他の構成例のブロック図である。

【図17】(a)は低速回転時におけるころの動きの説明図、(b)は高速回転時におけるころの動きの説明図である。

【符号の説明】

10, 40, 45	転がり軸受ユニットの診断装置
11	転がり軸受
18	スラスト力付与機構
23, 24, 25, 26, 27	異常検出用センサ
23a, 24a, 25a, 26a, 27a	ケース(筐体)
30	信号搬出手段
41	軸受箱
204, 235	判定結果出力部
211	フィルタ部
212	エンベロープ処理部
213	周波数分析部
214	比較照合部

10

20

30

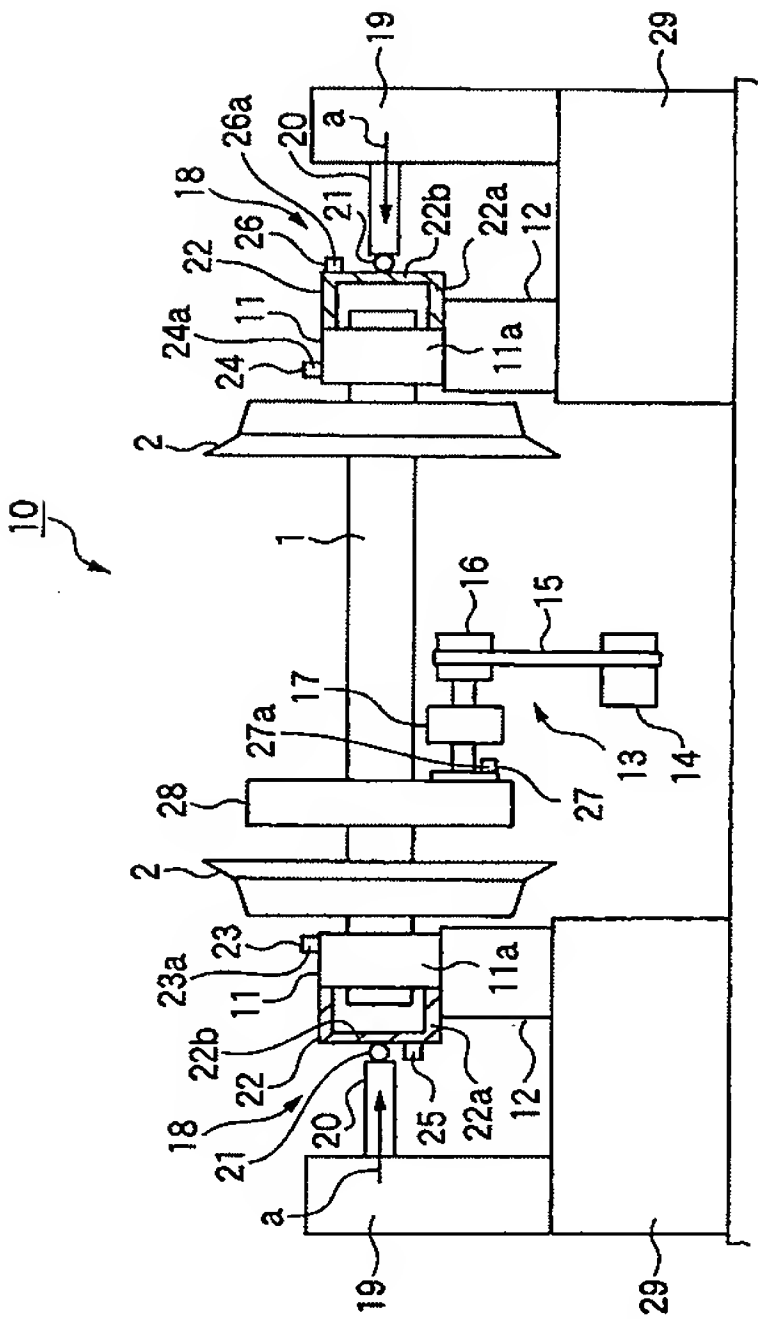
40

50

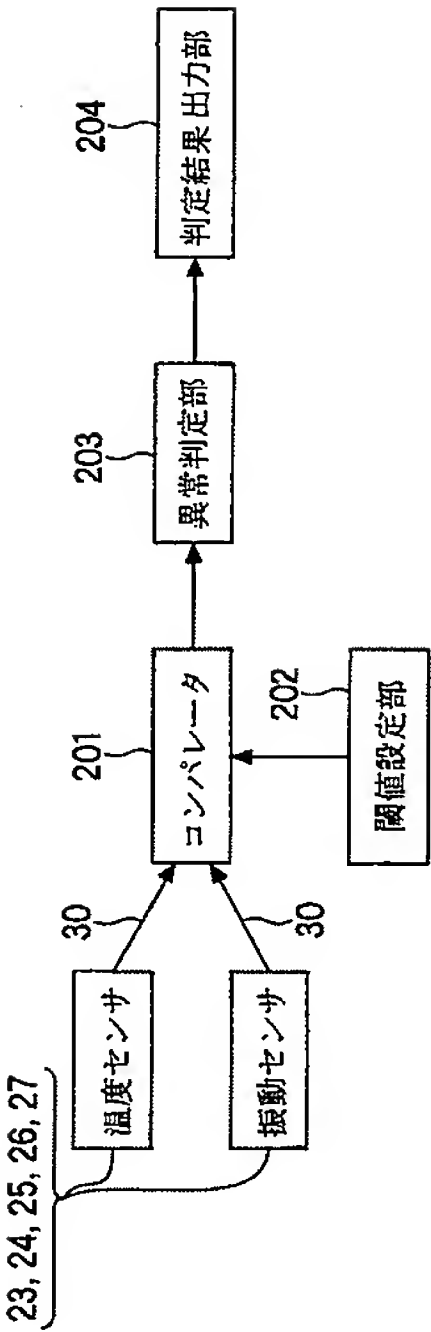
2 1 7
2 2 1
2 2 2
2 2 5

結果出力部
ウェーブレット解析部
比較照合部
結果出力部

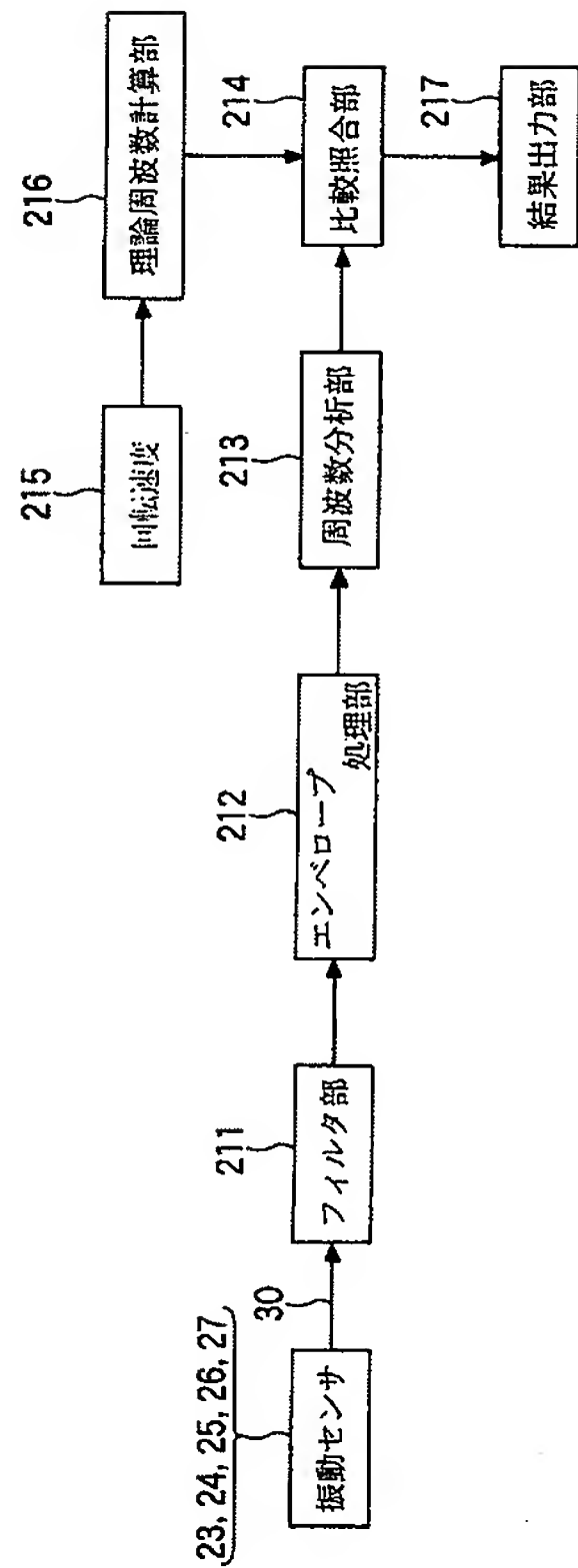
【図 1】



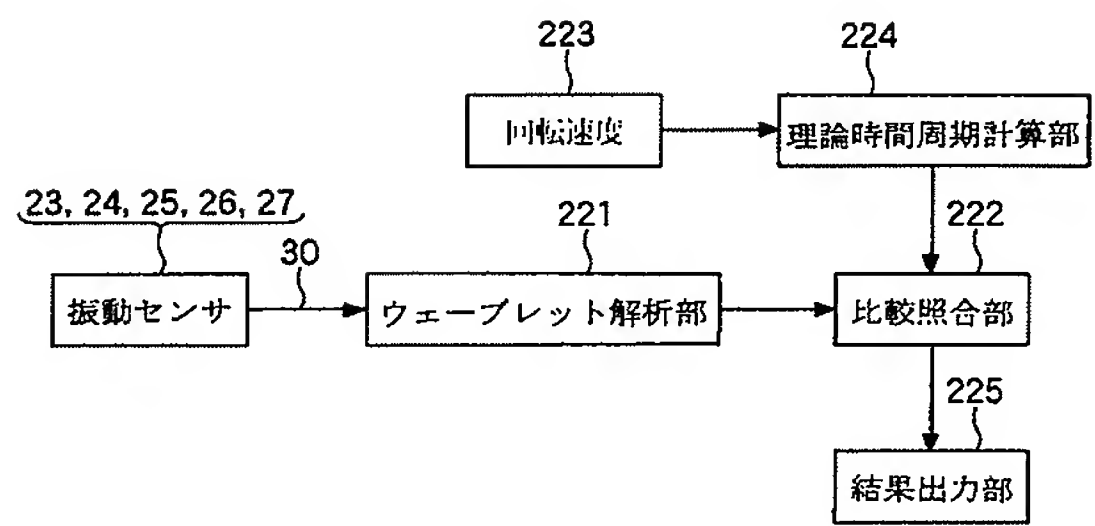
【図 2】



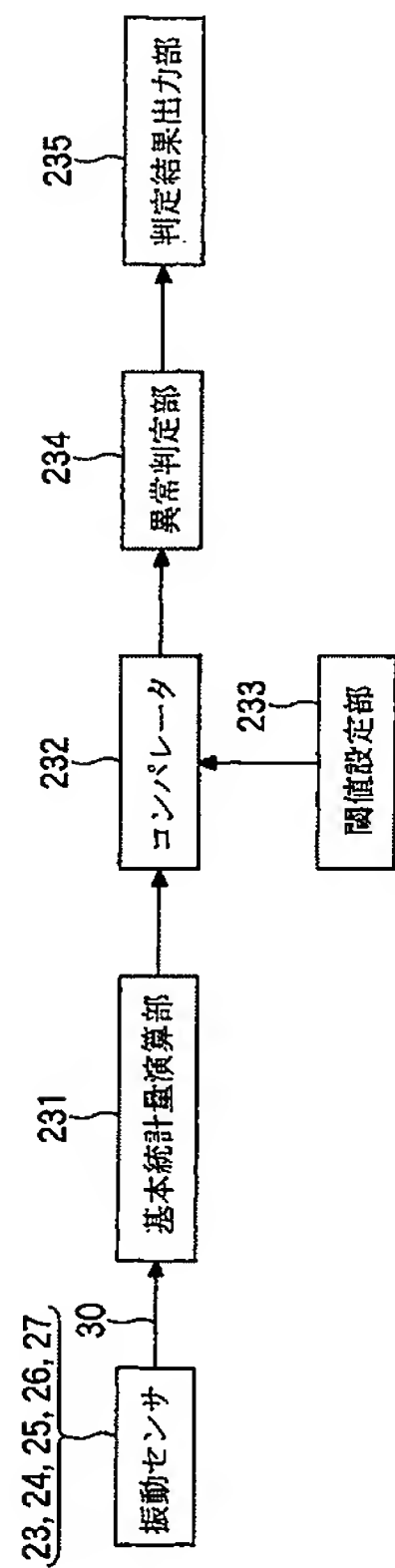
【図 3】



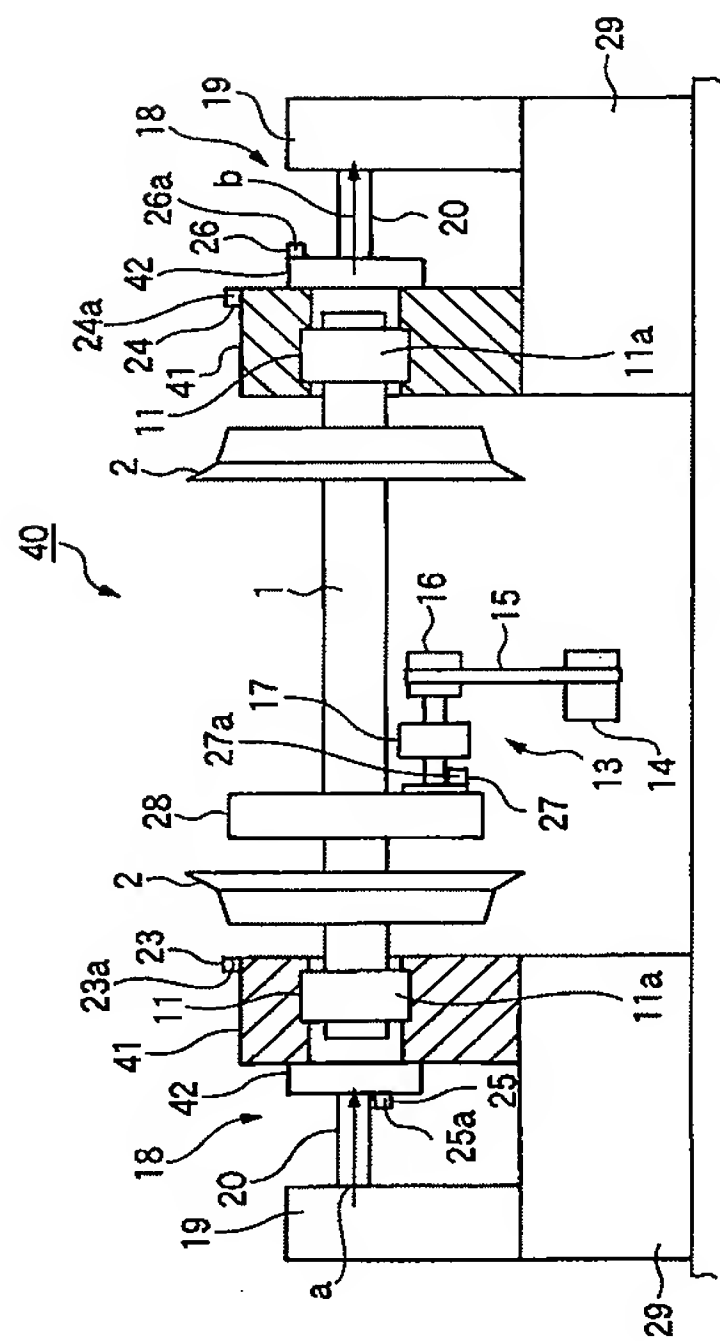
【図 4】



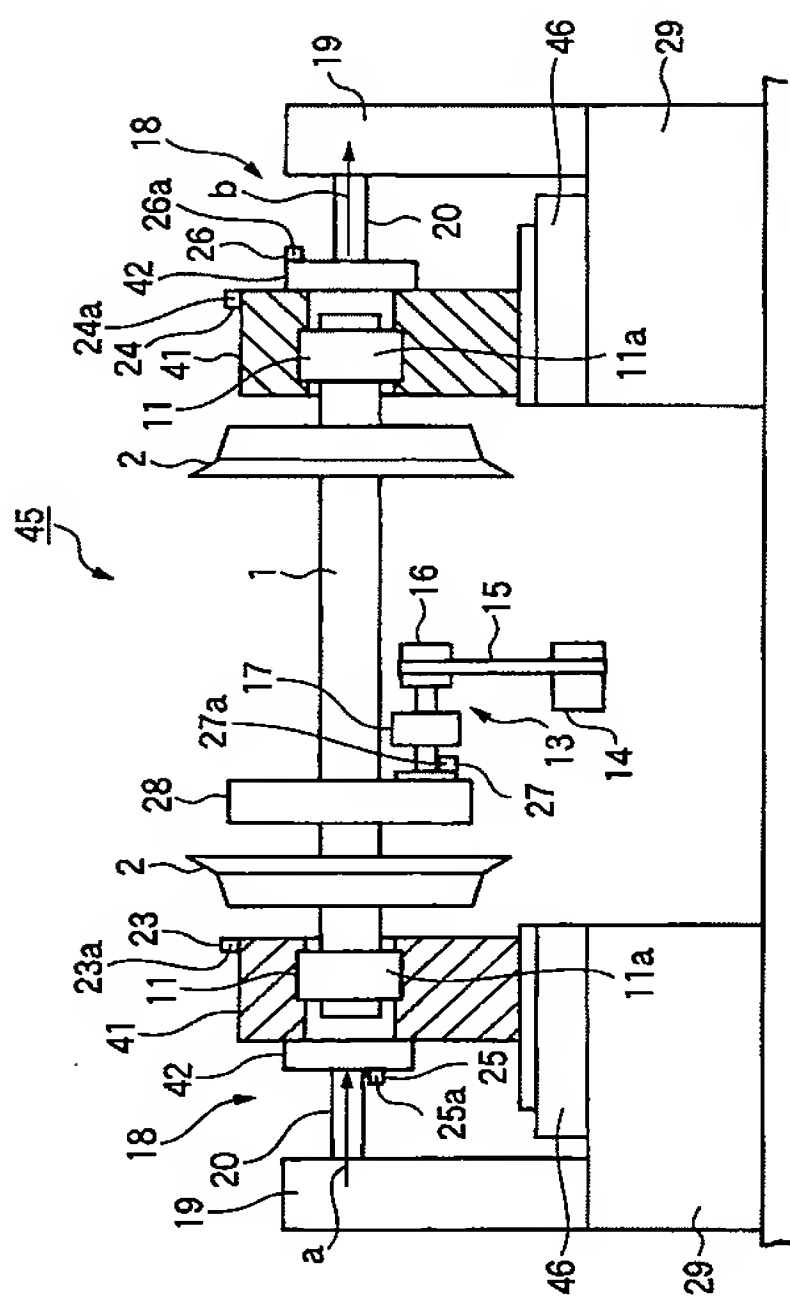
【図 5】



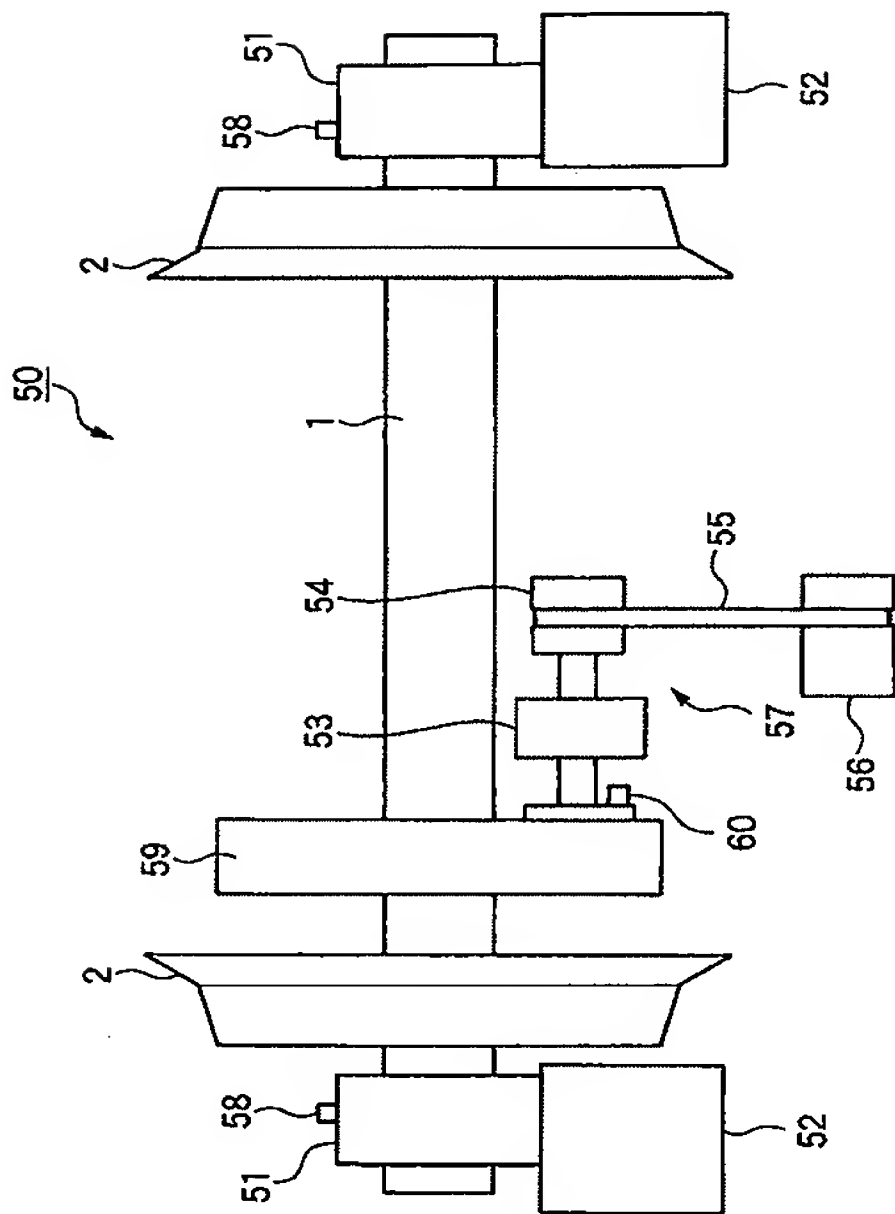
【図 6】



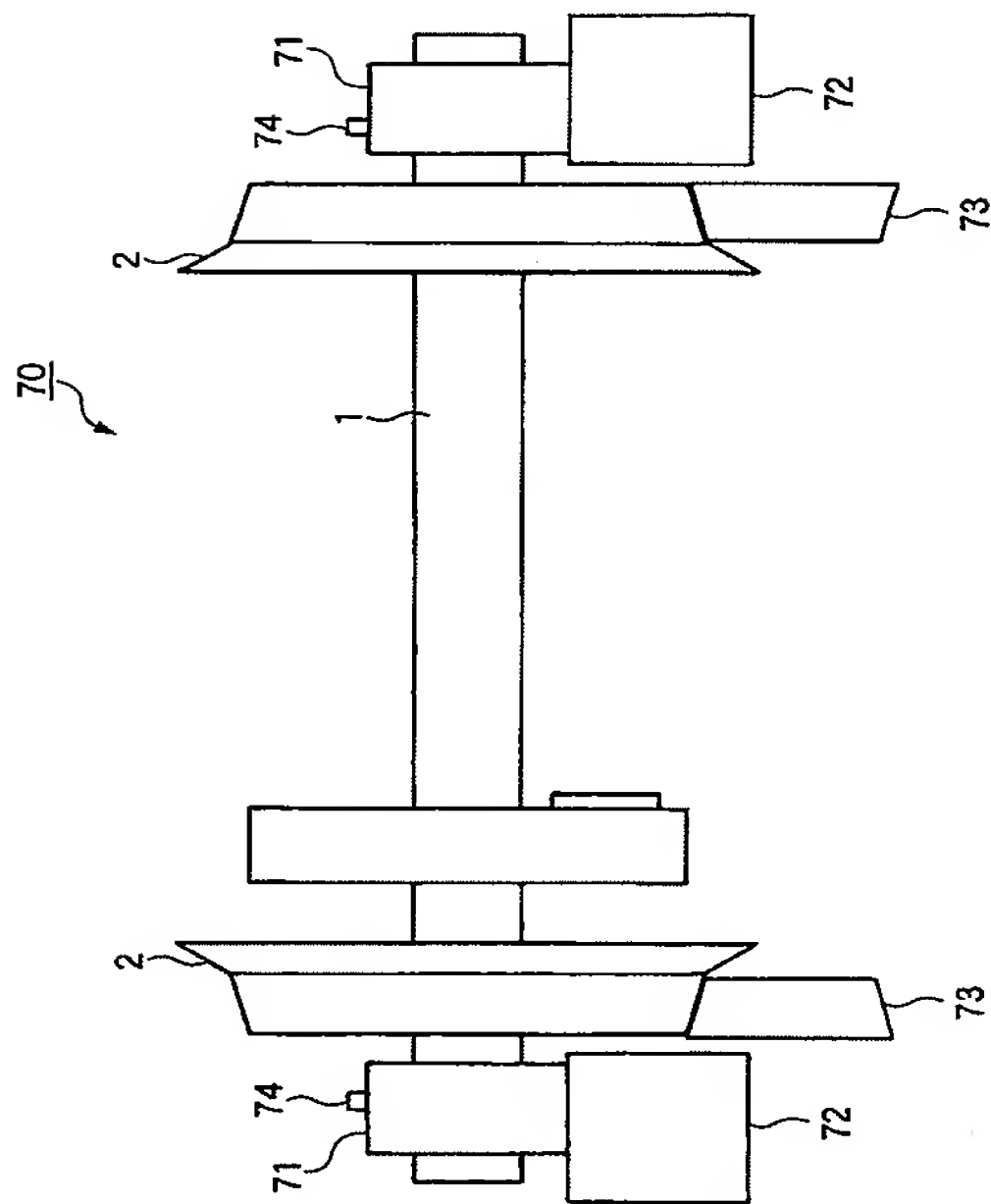
【図 7】



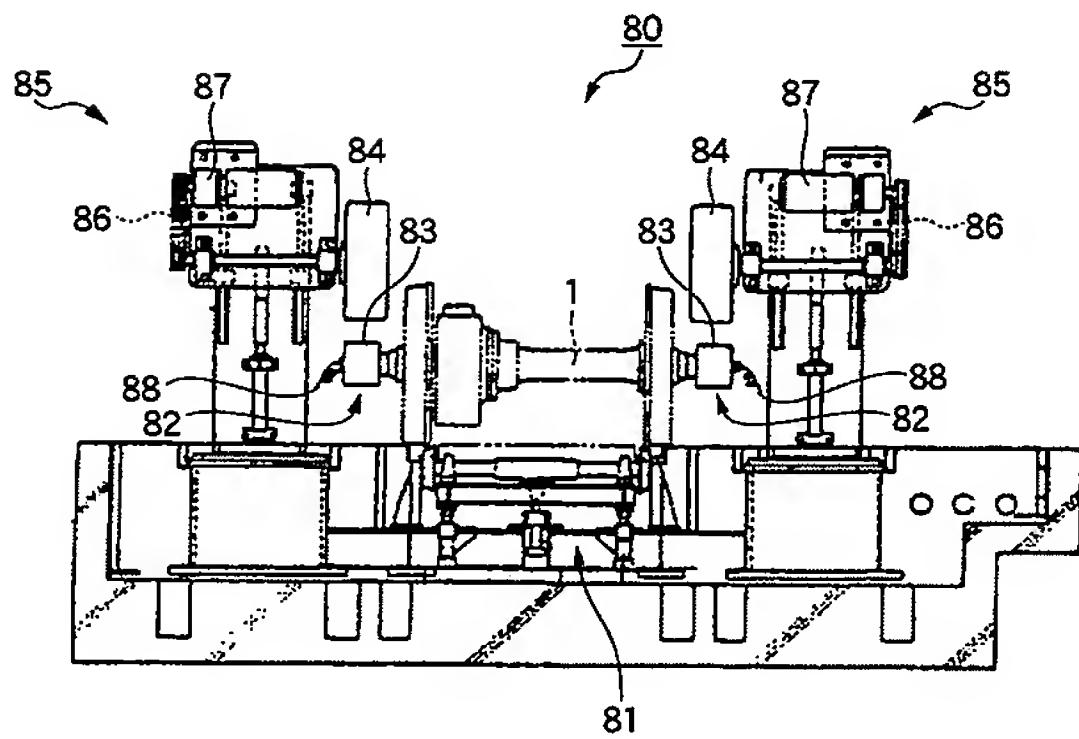
【図 8】



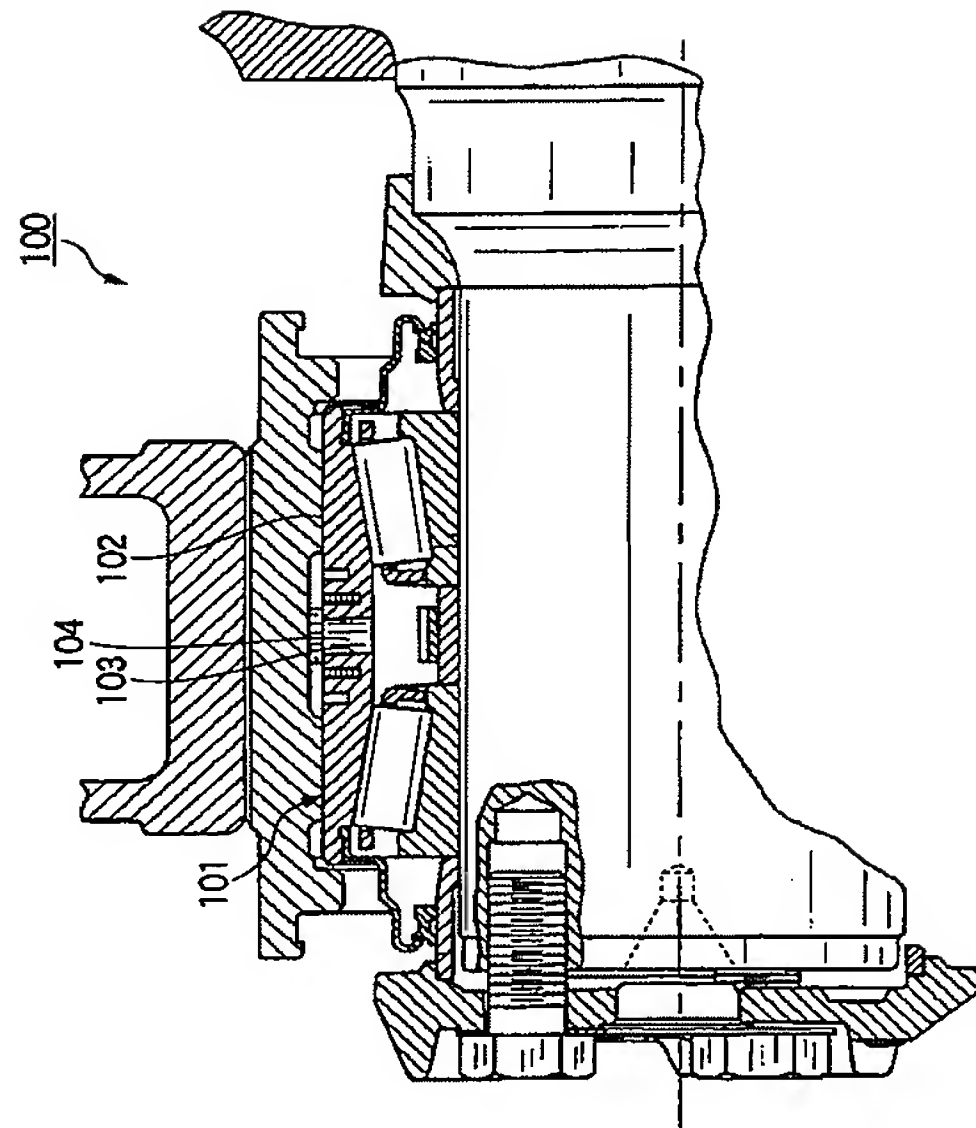
【図 9】



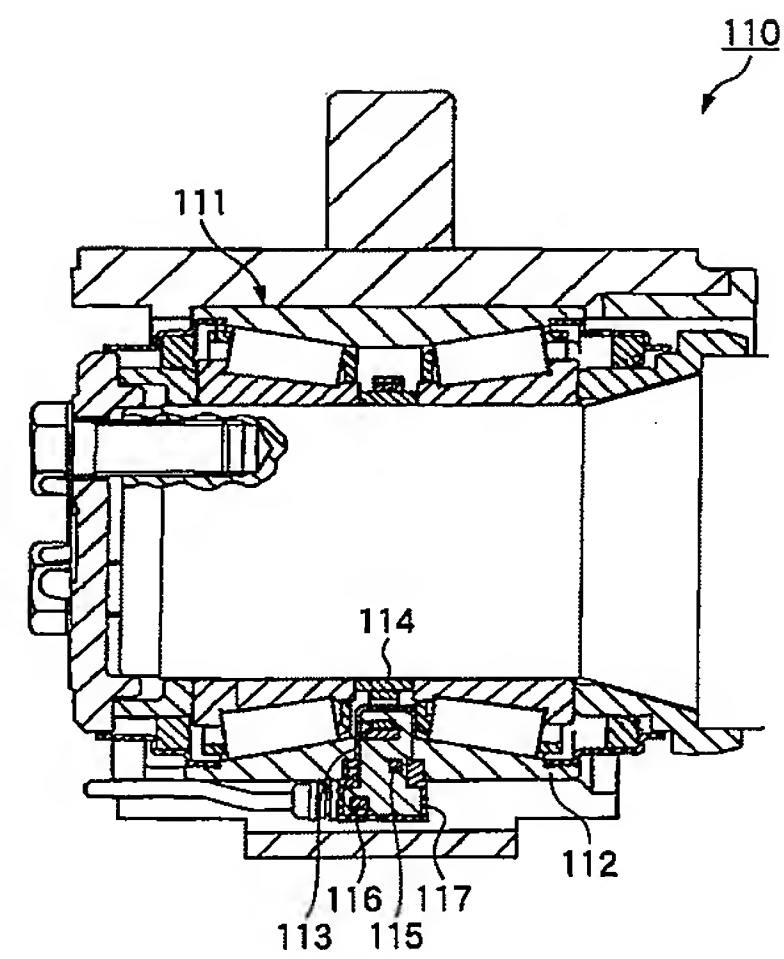
【図 10】



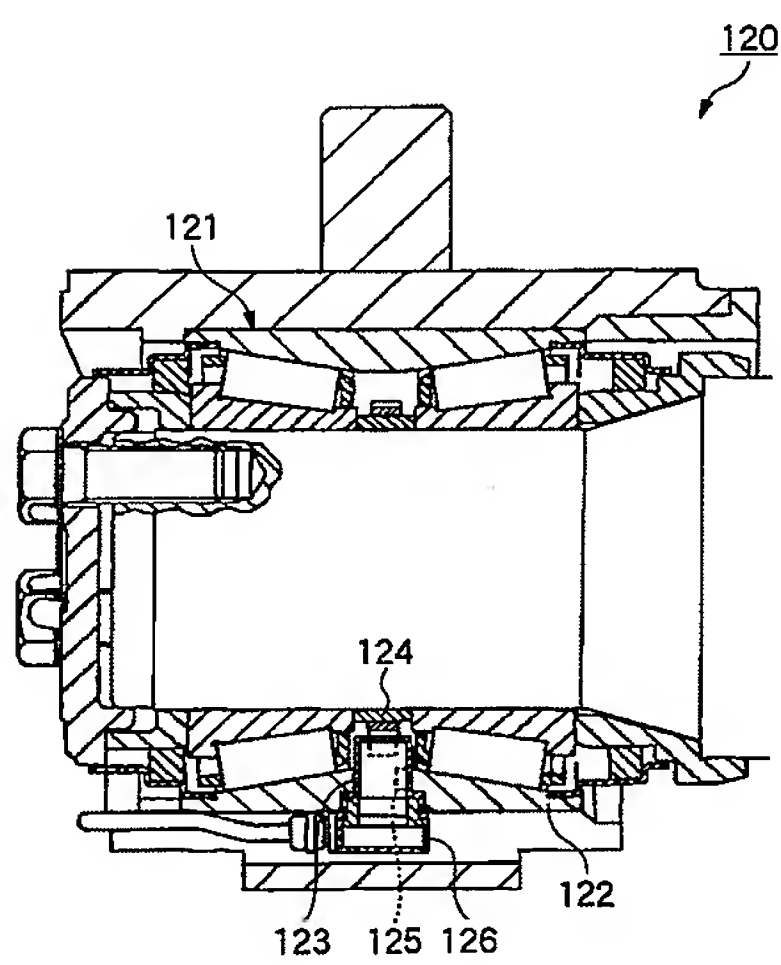
【図 1 1】



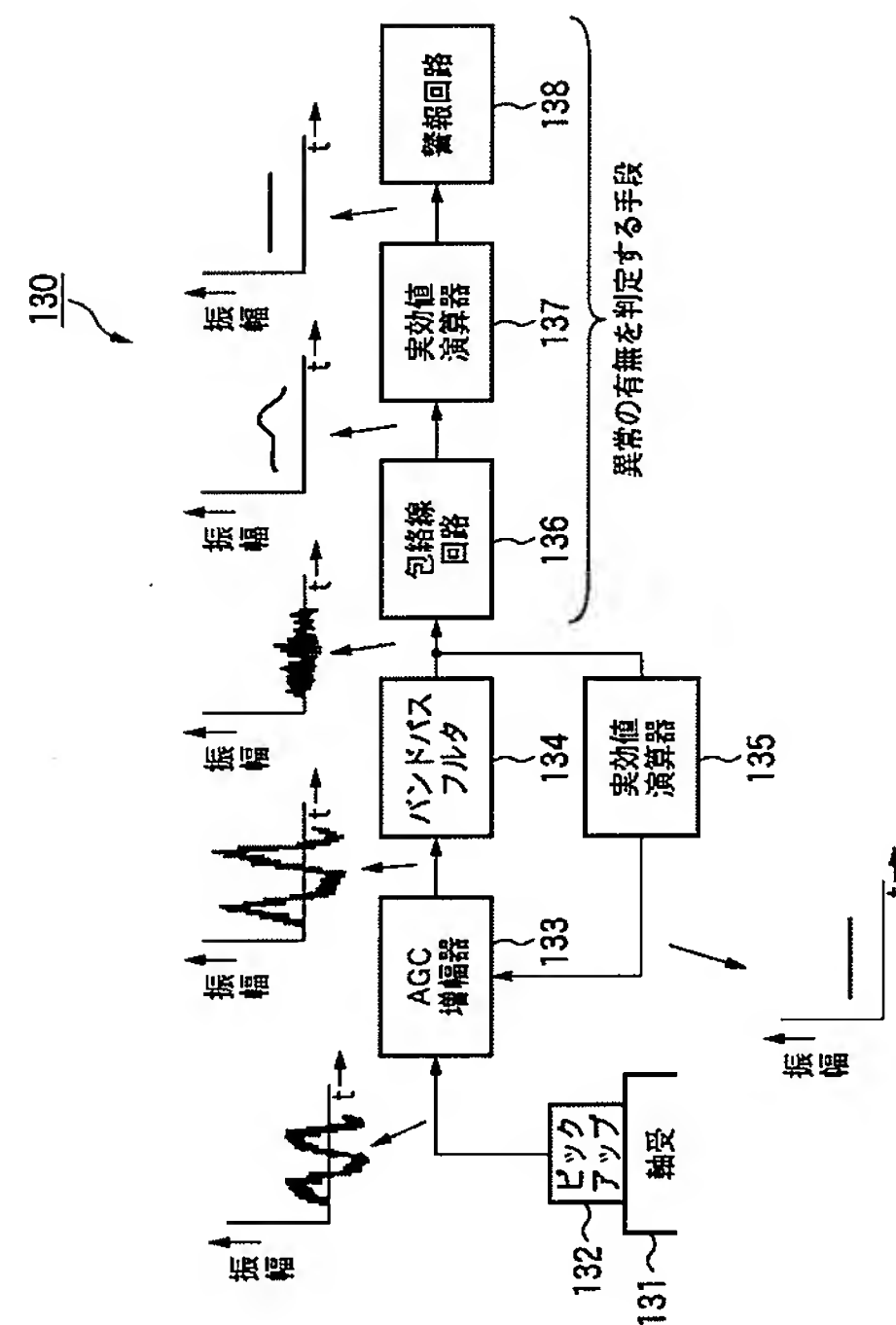
【図 1 2】



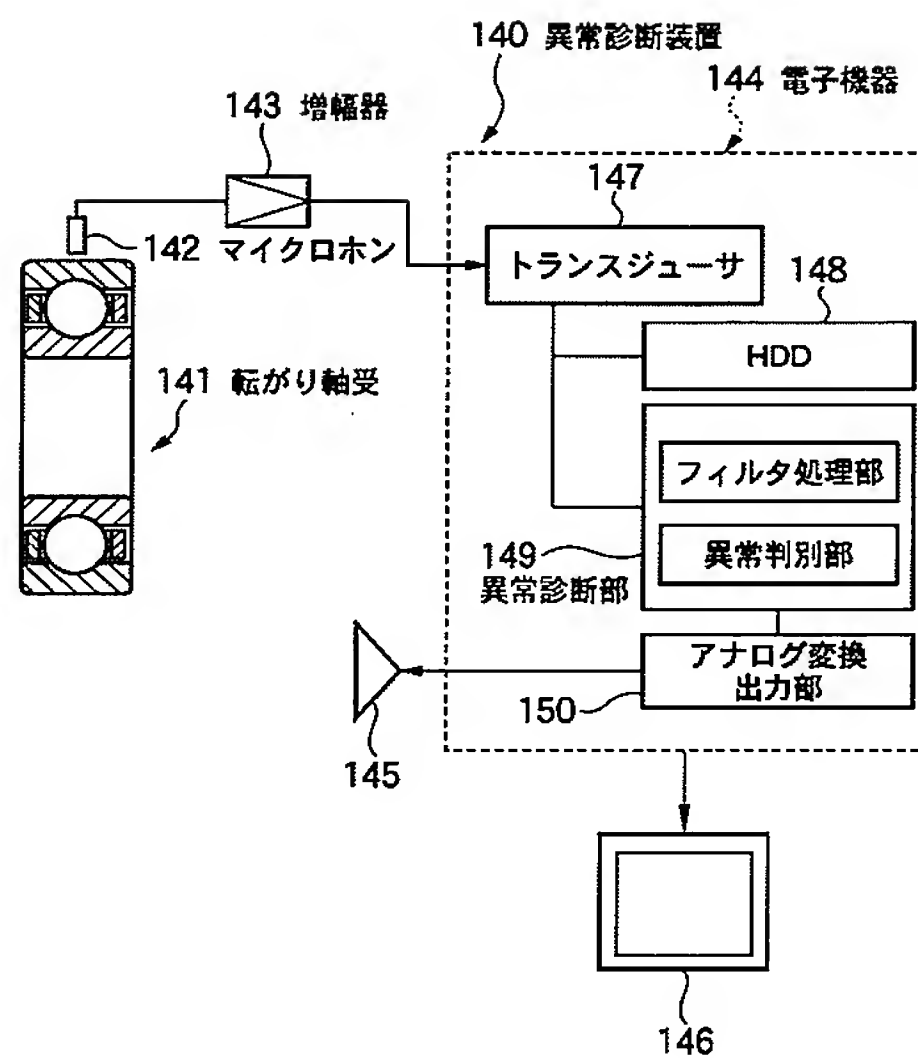
【図 1 3】



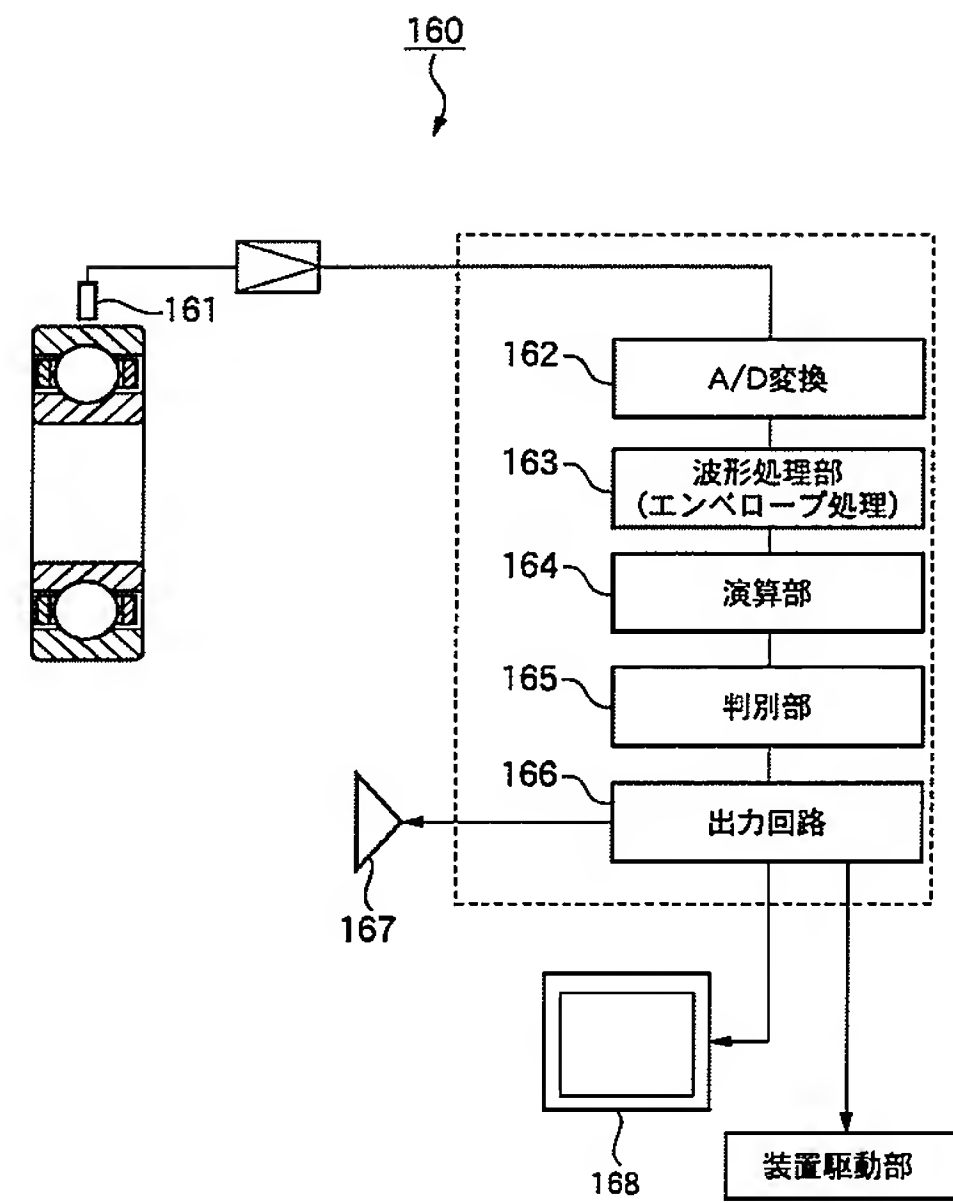
【図 1 4】



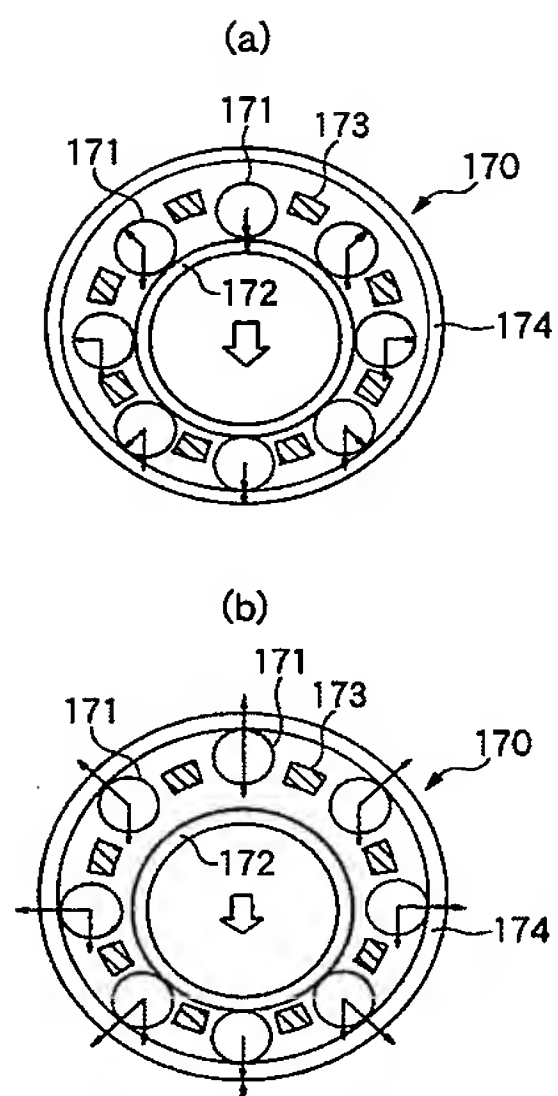
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



フロントページの続き

(72)発明者 武藤 泰之

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

(72)発明者 宮坂 孝範

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

Fターム(参考) 2G024 AC01 AD07 AD16 BA15 CA13 CA17 DA03 DA09 FA02 FA04
FA06 FA14
2G064 AA17 AB15 AB22 BA02 CC06 CC19 CC41 CC54 DD15 DD25
3J101 AA01 FA21 FA23 FA24 FA26 GA02 GA24